Die Regeneration der Coleopteren.

Von

Dr. Franz Megušar.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt in Wien.)

Mit Tafel V—VIII.

Eingegangen am 31. August 1907.

Disposition.

	Seite
I. Zweck der Versuche	150
II. Beschreibung der Versuche	153
1. <i>Rhagium indagator</i>	153
a. Mandibelregeneration	156
α. Nahe am Grunde	156
β. Amputation eines kleinen Stückes der Mandibel.	156
b. Beinregeneration	157
α. Rechtes und linkes Vorderbein.	159
β. Rechtes Hinterbein	160
γ. Amputation aller rechten Beine	161
2. <i>Tenebrio molitor</i>	161
a. Letztes Segment	161
α. Regenerationsversuch am letzten Segment.	161
β. Ein Fall der Übertragung larvaler Körperdefekte auf den Käfer	165
b. Beinregeneration	166
α. Exstirpation	166
* Ältere Larven	166
** Jüngere Larven	169
β. Amputation nahe am Grunde	170
γ. Amputation nahe am Grunde und Exstirpation an ein und demselben Individuum	171
c. Flügelregeneration	172
3. <i>Lampyris noctiluca</i>	176
Letzte zwei Segmente	176
4. <i>Platycerus caraboides</i>	177
Beinregeneration	177
5. <i>Oryctes nasicornis</i>	179
Beinregeneration nach Exstirpation und Amputation	179
α. Ältere Larven	179
* Exstirpation des rechten Vorderbeines und linken Mittelbeines	179
** Amputation des linken Mittelbeines und linken Hinterbeines	180

	Seite
β. Jüngere Larven	181
* Amputation von Tibia und Tarsus des linken Vorderbeines	182
** Amputation des linken Vorderbeines unmittelbar an der Körperhaut	182
*** Amputation des linken Mittelbeines unmittelbar an der Körperhaut	183
**** Amputation von Tibia und Tarsus des linken Hinterbeines	183
6. <i>Cetonia aurata</i>	185
Beinregeneration an älteren Larven	185
7. <i>Hydrocharis caraboides</i>	186
a. Mandibelregeneration	186
α. Amputation am Grunde der rechten Mandibel	187
β. Amputation der Mandibel zwischen ihren beiden inneren Fortsätzen	188
b. Beinregeneration	189
α. Operation eben geschlüpfter Larven	189
β. Operation an älteren Larven	189
* Amputation des rechten Vorderbeines	190
** Amputation des rechten Mittelbeines	191
*** Amputation des rechten Hinterbeines	191
8. <i>Hydrophilus aterrimus</i>	192
a. Mandibelregeneration	192
b. Beinregeneration	194
9. <i>Hydrophilus piceus</i>	195
a. Mandibelregeneration	195
α. Ältere Larven	195
β. Ganz junge Larven	196
* Amputation der ganzen Mandibel	196
** Amputation durch das erste Drittel der Mandibel	196
b. Beinregeneration	197
α. Larven längere Zeit nach der zweiten Häutung	197
* Vorderbein	197
** Hinterbein	199
β. Larven knapp nach der zweiten Häutung	200
γ. Larven nach der ersten Häutung	201
δ. Frisch ausgekrochene Larven	202
* Versuch beim vollständigen Entzug von Wasser	204
** Versuch unter zeitweiligem Entzug von Wasser	206
*** Versuch unter hoher Temperatur und auch sonst sehr günstigen Lebensbedingungen	208
**** Versuch unter schwankenden Temperaturverhältnissen (im Freien)	212
10. <i>Cybister Roeseli</i>	218
Beinregeneration mit besonderer Rücksicht auf das sekundäre Geschlechtsmerkmal des ♂ am Vorderbein	218
11. <i>Dytiscus marginalis</i>	220
Beinregeneration mit besonderer Rücksicht auf das sekundäre Geschlechtsmerkmal des ♂	220

III. Theoretische Bemerkungen.	Seite 222
IV. Überblick der Befunde, nach Körperteilen geordnet (gleichzeitig Allgemeine Zusammenfassung)	225
a. Regeneration von Rumpfteilen	225
b. Regeneration von Flügeln	226
c. Regeneration von Mandibeln	227
d. Regeneration von Beinen	227
α. An Larven selbst	227
β. Regeneration von amputierten Larvenbeinen an Puppe und Vollkäfer	228
V. Literaturverzeichnis	229
VI. Erklärung der Abbildungen	230

I. Zweck der Versuche.

So mannigfach auch bei den Käfern in Anbetracht ihrer wunderbaren Anpassungsfähigkeit, der zufolge sie sich förmlich die ganze Erdoberfläche erobert haben, die Spezialisierung des Körpers und insbesondere seiner äußeren Anhänge gediehen ist, sind sie experimentell doch wenig erforscht und hiermit auch wenig zur Lösung der wichtigsten biologischen Probleme herangezogen worden. Die biologische Bedeutung der einzelnen Organe, das Ablaufen der Lebensvorgänge und deren bestimmende und abändernde Ursachen studierte man vor nicht langer Zeit noch an aufgespießten, vermodernden oder in Spiritus konservierten Exemplaren, ohne diese »Lebensmaschinen« selbst gehen zu lassen und ohne auf Grund der durch planmäßige Versuche am lebenden Tier gewonnenen Resultate zur Lösung jener Fragen zu schreiten. Auch die Regeneration und deren Begleiterscheinungen sind nur an wenigen Vertretern und meist nur an einem und demselben Organ geprüft worden. Die ältesten diesbezüglichen Beobachtungen stammen von HOPE (1846), der bei *Colymbetes* die Reparation von durchlöcherten Flügeln beobachtete. Ihm folgt GADEAU DE KERVILLE (1890): Er stellte Regenerationsversuche an Larvenbeinen von *Coccinella septempunctata*, *Galeruca tanacetii*, *Tenebrio molitor* und *Diaperis boleti* auf und konstatierte deren Regeneration an der Puppe und am Vollkäfer. Hierauf kamen die Nachrichten von VERHOEFF (1896), der die Ausheilung chitiner Teile am Abdomen wahrgenommen hatte. In neuester Zeit unterzog TORNIER (1901) die von GADEAU DE KERVILLE an *Tenebrio molitor* erhaltenen Versuchsergebnisse einer Nachprüfung und erforschte gleichzeitig das Regenerationsvermögen der Fühler nach erfolgter Amputation, wäh-

rend einige Jahre später (1905) WERBER an derselben Species die Fühler samt dem Auge und jüngst (1907) die Vorderflügel nach vorausgegangener Exstirpation am fertigen Imago auf ihre Regenerationspotenzen hin untersuchte.

Es blieben somit noch verschiedene Fragen offen, deren Beantwortung ich mir durch meine seit einigen Jahren geführten Versuche zur Aufgabe stellte.

Bei der Mannigfaltigkeit der Lebensbedingungen der Käfer, welche Mannigfaltigkeit die divergentesten und kompliziertesten Formen äußerer Anhänge ins Leben rief, ist es naheliegend gewesen, daß auch das Regenerationsvermögen trotz der genetischen Einheitlichkeit der genannten Insektenordnung eine weitgehende Modifikation erfahren mußte. Es war mir nun zunächst daran gelegen zu untersuchen

1) wie sich ein und dasselbe Organ in verschiedener Anpassung, z. B. Hinterbein (Schwimmbein) und vorderes Bein der Wasser- und Schwimmkäfer, welch letzteres beim Männchen mit einem sekundären Geschlechtscharakter ausgezeichnet ist, rudimentäre Beine der Bockkäfer, Mandibel der Wasser- und Bockkäfer, verschieden differenzierte Larvenbeine in bezug auf ihre Regenerationskraft verhalten.

Die Ausführung der Versuche bezüglich des Regenerationsprozesses der Organe mit sekundären Geschlechtsunterschieden hielt ich schon deshalb für wertvoll, da hier verhältnismäßig am leichtesten eine Hypotypie, wenn eine solche bei den Regenerationsvorgängen auftauchen sollte, zu erwarten wäre.

Die Versuche an rudimentären Beinen von Bockkäfern schienen mir geeignet festzustellen, in welcher Beziehung biologische Bedeutung und Regenerationsvermögen zueinander stehen.

2) Ferner wollte ich untersuchen, wie die Regeneration an verschiedenen Entwicklungszuständen und bei verschiedenem Grade der Verletzung vor sich geht.

Diese Fragen zu beantworten, erschien mir von Wichtigkeit mit Rücksicht auf KELLOGGS (1904) Befunde, welche auf die bisherigen Tatsachen über Regeneration der Insekten mit vollkommener Metamorphose scheinbar neues Licht werfen. Hauptsächlich galt es mir zu entscheiden, ob nach Exstirpation eine Regeneration überhaupt stattfinden kann, da jüngst KELLOGG behauptete, der Körper der Insekten sei nicht imstande, ein ganz verloren gegangenes Bein wieder zu ersetzen. Zugleich könnte, so dachte ich, diese Operationsart zur Lösung der Frage nach dem Verhältnis zwischen Verlustmöglichkeit

und Regeneration beitragen und daher die Determinantentheorie auf ihre Stiehhaltigkeit hin prüfen.

3) Es drängte sich mir die Frage auf, welche Folgen die Exstirpation für die Symmetrieverhältnisse des Käfers haben könnte. Die Veranlassung zur Aufstellung der Versuche in dieser Richtung gaben mir Beobachtungen an der Küchenschabe (*Stylopyga* = *Periplaneta orientalis*). Tiefgreifendere Operationen der Beine (Amputation nahe am Körper) hatten hier die Aufdeckung einer gesetzmäßigen Beziehung zwischen Ausbildung von Bein und Flügel der operierten Körperseite und einer Symmetriestörung des Hinterleibes samt Flügeln zur Folge, wobei dieser sich immer nach der der Operation entgegengesetzten Seite senkte.

Die Störung der Körpersymmetrie besteht in der Ablenkung der Längsachse des Hinterleibes nach der Operationsseite hin. Außer dieser Verbiegung in der Frontalebene läßt der stehende und kriechende Käfer eine Senkung des Hinterleibes samt den Flügelpaaren in vertikaler Richtung nach der entgegengesetzten Seite hin erkennen. Da sich der Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*), wie wir sehen werden, in dieser Beziehung nicht anders verhielt als die Küchenschabe, ohne daß die Flügel dabei eine Einrollung erfahren hätten, ist übrigens der Beweis erbracht, daß entgegen TORNIER'S Vermutung (1901) das Hinterbein als Stütze des Flügels zu seiner normalen Ausbildung nicht unerläßlich ist.

4) Weiter gedachte ich festzustellen, in welcher Abhängigkeit die Imagobeine von denen der Larven sich befinden. KELLOGG behauptete nämlich in seiner zitierten Arbeit, Imagobeine entwickeln sich völlig unabhängig von den Larvenbeinen und man müsse bei den Insekten mit vollkommener Metamorphose den Umstand in Betracht ziehen, daß die definitiven Extremitäten nicht durch Umwandlung der Larvenbeine, sondern aus den sog. Imaginalscheiben entstehen.

Künstlich an jungen Larven hervorgerufene Defekte wären für die Imagobeine von keiner benachteiligenden Wirkung. Daher könnten Regenerationserscheinungen nur an älteren Larven, die nahe der Verpuppung stehen, studiert werden.

5) Schließlich war mir noch interessant, wie weit die Regenerationskraft an Insektenlarven überhaupt reichen kann; denn vor einigen Jahren hat BRINDLEY (1898) behauptet, Arthropoden können nur Abdominalanhänge (Appendages), nicht aber Rumpfteile restituieren, welche unrichtige Behauptung später durch die Versuche

von GODELMANN (1901), der nach dem Abschneiden eines Teiles des letzten Segments an der *Bacillus*-Larve den Ersatz jenes Gebildes beobachtete, widerlegt wurde. Hinsichtlich Regeneration des ganzen letzten Segments stellte ich entsprechende Versuche an Mehlkäferlarven, hinsichtlich der beiden letzten Segmente an Leuchtkäferlarven auf.

Die Anregung, gerade die letzteren zu dem Versuche als Material zu benutzen, gab mir die Auffindung leuchtorganloser Exemplare durch PRZIBRAM, da man als Ursache dieser Variation vorausgegangene Verletzung und darauffolgendes Nachwachsen in hypotypischer Form vermuten konnte.

Den Herren Oberlehrer GOTTFRIED LESKÓVIC und Stud. ADOLF ČERNÝ in Wien, die in uneigennütziger Weise viel Mühe auf die Herstellung der photographischen Abbildungen verwendeten, spreche ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

II. Beschreibung der Versuche.

1. *Rhagium indagator* L.

(Taf. V Fig. 1 bis Fig. 6.)

Diese Bockkäferart erweckte in mir insofern Interesse, als sie mir geeignet erschien, der Beantwortung der jüngst von MORGAN (1898) und PRZIBRAM (1899) durch ihre bekannt gewordenen Versuchsergebnisse an Krebsen aufgerollten Frage nach der Beziehung der Verlusthäufigkeit und Wichtigkeit des Organs zum Regenerationsvermögen näher zu treten.

Die Larve von *Rhagium* besitzt nämlich entsprechend ihrer minierenden Lebensweise streng spezialisiert entwickelten Körperbau. Ihr dreieckiger Kopf ist plattgedrückt und trägt ungemein kräftige Mandibeln. Der übrige Körper ist etwas schwächer dorsoventral abgeflacht und sehr muskulös. Die Beine dagegen haben eine weitgehende Reduktion erfahren und stellen winzige, mit unbewaffnetem Auge kaum unterscheidbare Stummeln dar, die aus einer geringen Anzahl von Gliedern bestehen. Sie sind häutig, bis auf eine spärliche Beborstung ohne ausgesprochene Chitinbekleidung. Die Klauen sind schwach entwickelt und schwer von den daneben inserierenden Borsten zu unterscheiden.

Die Locomotion wird hauptsächlich durch wurmförmige Bewegungen des ganzen kontraktiven Hautmuskelschlauches unter nicht seltener Zuhilfenahme der Mandibeln bewerkstelligt.

Das Versuchsmaterial stammt aus der Umgebung von Aspang (Nieder-Österreich), wo ich es mir selbst gelegentlich von Mitte August 1905 und anfangs Februar 1906 dahin unternommenen Exkursionen sammelte.

Ein sonniger Abhang in der kleinen Klause bei Aspang, wo vor Jahren noch mächtige Föhren und Fichten standen und gegenwärtig Strunk neben Strunk wurzelt, erwies sich in der dortigen Gegend für die Beschaffung dieses Materials außerordentlich günstig. Zu beiden Jahreszeiten dienten mir die Strünke als unerschöpfliche Quellen für verschiedenste Entwicklungszustände des genannten Käfers, jedoch waren im Winter Käfer und Puppen häufiger als im Sommer, zu welcher Jahreszeit ich Larven in verschiedensten Stadien und in großen Mengen vorfand.

Am häufigsten traf ich sie zwischen der Rinde und dem Splint, sowie in der Rinde selbst der noch ziemlich saftigen Föhrenstrünke, verhältnismäßig seltener in den Fichtenstrünken, wo sie unter Bildung unregelmäßig verzweigter und mit Mulm ausgepolsterter Gänge ihr Dasein fristeten. Stark ausgedorrte Stöcke beherbergten nur vereinzelte Tiere.

Im allgemeinen stimmen meine Beobachtungen mit den Angaben von RATZBURG (1837), PERRIS (1863) u. a. betreffs der Lebensweise und des Wohnsitzes dieser Larven überein.

Um ihrer habhaft zu werden, riß ich mittels eines dicken, an dem einen Ende flach zugespitzten, an dem andern bogenförmig gekrümmten Eisenstückes, das mir vorzügliche Dienste leistete, die mächtige Rindenschicht der Föhrenstrünke weg.

Das Gros des erbeuteten Materials brachte ich provisorisch (behufs Transport) meistens in mit feinmaschigen Drahtgitterwänden versehenen Blechkistchen unter, die ich nebst dem von den Larven selbst pulverisierten Mulm mit kleinen, frisch abgelösten saftigen Rindenstücken ausfüllte. Zur leichteren Fortzucht nahm ich mir möglichst viele und große, frisch abgebrochene Rindenstücke und alle aufgefundenen Puppenwiegen mit. Das Material stellte ich definitiv in einem der sonnigsten Räume der biologischen Versuchsanstalt in luftigen Behältern von verschiedener Größe auf. Ihr Boden wurde einige Zentimeter hoch mit leicht befeuchtetem mitgebrachten Mulm oder in Ermangelung dessen mit Erde bedeckt. Die Rindenstücke steckte ich in den Mulm, beziehungsweise in die Erde oder legte sie der Länge nach übereinander und füllte die vorhandenen Lücken mit Mulm aus. Obenan legte ich große Moos-

polster, um die rasche Austrocknung des Nahrungsholzes zu verhindern. Hierauf setzte ich die gefangenen Tiere, nach der ungefähr gleichen Größe sortiert, in die in der erwähnten Weise eingerichteten Zuchtanlagen. Dieselben wurden täglich — meist frühmorgens — unter Abhebung der Moospolster mit einem kleinen Zerstäuber benetzt.

Besonders zähe erwiesen sich die Larven im allgemeinen nicht; denn trotz möglichst den natürlichen Bedingungen entsprechender Unterbringung verendete in kürzester Zeit ein großer Prozentsatz. Die Ursache mag einerseits in den schwankenden Feuchtigkeitsverhältnissen liegen; denn jene konstante Feuchtigkeit, die ein in der Erde wurzelnder Stock den Larven bietet, konnte ich ihnen durch die erwähnte Einrichtung nicht angedeihen lassen, anderseits aber mag sie auch in dem zu dichten Beisammensein der Larven zu suchen sein; denn wiederholt bekam ich Larven zu Gesicht, die an den Seiten Verletzungen aufwiesen, welche sie sich mittels ihrer starken Mandibeln gegenseitig austeilten. Eine nicht geringe Zahl wurde von dem sog. Wasserkalb (*Gordius*) befallen und zugrunde gerichtet. Mit diesem parasitischen Nematoden behaftete Larven erhielten sich längere Zeit am Leben und zeigten äußerlich keine besonderen krankhaften Zustände, nur ihr Körper war etwas aufgeblasen.

Vorübergehend möchte ich hier auf eine interessante Erscheinung in bezug auf das Verhalten der Larven zur Feuchtigkeit und Trockenheit hinweisen. Eine gleichmäßige mittlere Feuchtigkeit sagte ihnen stets zu. Die Mehrzahl strebte nach den mäßig feuchten Stellen des Behälters. Sie ertrugen eine anhaltende starke Dürre leichter als eine zu große Feuchtigkeit. Die Wirkung dieser beiden Faktoren war eine sehr verschiedene. Larven, die sich in der Tiefe des Behälters aufhielten, wo eine stärkere Feuchtigkeit herrschte, zeigten stets volles Aussehen und nahezu milchweiße Färbung mit Ausnahme des Kopfes, jene wenigen Larven dagegen, welche die obersten Rindenschichten bewohnten, wo trotz täglich zugeführter Feuchtigkeit die Rindenstücke infolge der heißen Sonnenstrahlen vollkommen austrockneten, zeigten nach längerer Zeit eine ausnahmsweise stark plattgedrückte Gestalt, eine Verkürzung des Körpers und eine leicht gelbliche Tönung der Haut. Ich hielt ursprünglich diese Veränderung für eine temporäre und brachte sie in Zusammenhang mit den Häutungszuständen, zu welcher Zeit nämlich die Larven ähnliche Gestaltsveränderungen aufwiesen. Da aber derartige Zustände monatelang beibehalten wurden und die Larven Nahrung zu

sich nahmen, was bei solchen in Häutungszuständen begriffenen nicht der Fall ist; da ich ferner nachträglich durch planmäßige Versuche an *Hydrophilus piceus* und *Hydrocharis caraboides* bei Anwendung der Trockenheit und Feuchtigkeit ähnliche Erscheinungen beobachtet hatte (worüber ich in einer Abhandlung über die Biologie jener Käfer Näheres berichten werde), kann ich nur der Wirkung der Trockenheit die aufgetretene Gestalts- und Farbenveränderung zuschreiben.

Da sich schon unoperierte Larven als besonders hinfällig erwiesen haben und die bald nach der Einbringung des Materials operierten Tiere alle eingingen, mußte ich den Versuch auf einige Zeit aufgeben und die Gelegenheit abwarten, bis sich eine größere Anzahl von geeigneten Larven an die neuen Lebensbedingungen gewöhnt hatten.

a. Mandibelregeneration.

α. Nahe am Grunde.

(Versuchsaufstellung am 22. VI. 06.)

Zu Versuchszwecken wählte ich zehn mittelgroße Exemplare.

Die Operation wurde mit einer kleinen, ausgeglühten Schere an der linken Mandibel vollzogen. Aus der Wunde trat ein ziemlich großer Tropfen fast farblosen Blutes.

Den operierten Tieren wurden im allgemeinen die nämlichen Lebensbedingungen zuteil wie den normalen, in den Zuchtanlagen untergebrachten. Nur wurden sie mit Rücksicht auf den durch die Operation behinderten Nahrungserwerb in der Weise gefüttert, daß ihnen in eine, mittels eines Messers in einem dickeren Rindenstück angefertigte Höhlung, wohin ich sie nach stattgefundenem Wundverschluß übertragen habe, im Mörser fein zerkleinertes, fast täglich frisches Föhrenholz gelegt wurde. Die Tiere verweigerten die Nahrungsaufnahme und starben binnen 2 Wochen alle ab, ohne vorher eine Häutung abgelegt zu haben.

β. Amputation eines kleinen Stückes der Mandibel.

Um die Regenerationserscheinungen an der Mandibel halbwegs kennen zu lernen, entschloß ich mich, an ihnen eine weniger gefährdende Operation vorzunehmen, und entfernte an zwei Larven von mittlerer Größe die Endspitze von ungefähr $\frac{1}{2}$ mm Länge. Die beigebrachte Verletzung war mit einem sehr geringen Blutverlust verbunden. Das eine Exemplar blieb nach der Operation stets außerhalb der Rindenstücke und ging nach 23 Tagen, von einem Nematoden

(*Gordius*) befallen, zugrunde, das andre bohrte sich bald darauf in ein größeres Rindenstück ein. Nach 58 Tagen fand ich in den Gängen des betreffenden Holzstückes eine Häutung, die mir als zweite nach der Operation abgeworfene Häutung erschien, da schon an der Haut selbst die operierte Mandibel an dem Ende eine kleine Abrundung zeigte, was auf bereits vor sich gegangene regenerative Prozesse hindeutete. Die erste, auf die Amputation folgende Häutung, die an der Operationsstelle den Schorf hätte zeigen müssen, wurde nicht gefunden. Die regenerierende Mandibel war zu dieser Zeit nur unbedeutend herangewachsen (Taf. V Fig. 2). Zur Vervollkommenung des Regenerats behielt ich das Tier noch weiter am Leben. Am 11. X. 06 fand ich es leider schon als Käfer vor, der beide Mandibeln in der normalen Größe ausgebildet besaß. Die bei der Verpuppung abgestreifte Larvenhaut konnte ich trotz vieler Mühe nicht auffinden, so daß mir als deutlicher Beleg für die Tatsache des Regenerationsvermögens der Mandibel nur die vorher erwähnte zweite Häutung zurückblieb, die ich konservierte. Den Verlust erlitt ich infolge der seltener vorgenommenen Kontrolle, welche ich aber nur deshalb auf längere Zeiträume aufschob, da ich nur über ein einziges Exemplar von dieser Operationsart verfügte und stets Gefahr lief, die Tiere bei der Suche zu zerdrücken. Nun mußte ich, um eines Tieres ansichtig zu werden, oft mehrere Rindenstücke aufs Geratewohl zerkleinern, da ich nie sicher wissen konnte, in welchem Stück und an welchem Punkte desselben sich das Tier gerade aufhielt. Eine neue Versuchsreihe aufzustellen, war mir leider unmöglich, da ich das vorhandene eingewöhnte Material bereits für die Regenerationsversuche an den Beinen erschöpft hatte. Auch erachtete ich dies nicht für unumgänglich notwendig, da ich mich ohnehin von der Regenerationsfähigkeit der Mandibel überzeugt hatte. Übrigens werde ich auf die Regenerationserscheinungen dieses Organs bei den Käfern noch anläßlich der Besprechung der Regeneration bei den Hydrophiliden zurückkommen, wo es mir gelang, diesbezüglich vollständigere Beobachtungen zu machen.

b. Beinregeneration.

Zu dieser Operation gelangten Larven von verschiedener Größe. Der Eingriff mußte, da die Beinchen infolge ihrer geringen Größe und der von dem Körper wenig abweichenden Färbung nur schwer mit freiem Auge zu unterscheiden sind, an der Hand der Lupe vorgenommen werden. Die Amputation wurde in den meisten Fällen

an der Basis ausgeführt. Der Blutverlust war bei jüngeren Tieren ziemlich stark, bei älteren etwas schwächer.

Die Kontrolle wurde mit Rücksicht auf die Umstände, unter denen die Larven lebten, nur nach längeren Zeiträumen ausgeübt, die Tiere nach der Art der Operation isoliert untergebracht. Die einzelnen nach der Operation gehäuteten Exemplare wurden ganz isoliert gehalten. Die in Häutung begriffenen Larven und bereits entstandenen Puppen setzte ich in die natürlichen Puppenlager, von denen ich gelegentlich des Sammelns mehrere mitgenommen hatte. Die Splintwand des Baues wurde durch eine Rindenwand ersetzt, beide Teile mittels Bindfadens zusammengebunden und meist in derselben Lage aufgestellt, wie das Puppenlager in der Natur vorkommt (Taf. V Fig. 1).

Die Versuchstiere wurden in einander ähnlichen, zweckdienlichen Behältern gehalten und genossen die nämliche Pflege wie die Tiere der Stammzucht. Nur ausnahmsweise wurden einige Tiere in einer Zigarrenschachtel, in welche sie beim Sammeln gesetzt worden waren, auch nach der an ihnen vollzogenen Operation belassen, da es ihnen hierin anscheinend sehr behagte. Dieser primitive Behälter enthielt am Grunde Föhrenholzmehl und war bis zum Rande abwechselnd mit kleinen und größeren Rindenstücken gefüllt; die zwischen den Rindenstücken entstandenen Lücken wurden mit Holzmehl ausgefüllt. Es erhielt sich hier, obwohl die Besetzung hinsichtlich des geringen Raumes eine ziemlich starke war, eine größere Anzahl am Leben, und es schickten sich mehrere zur Verpuppung an.

Eine Larve, deren Instinkt nach der Herstellung des in der Natur üblichen Baues besonders mächtig war, verfertigte ihre Puppenwiege am Boden der erwähnten Schachtel, indem sie das über ihr liegende Rindenstück aushöhlte, die Höhlung mit Holzmehl ringsum aufwarf und den faserigen Splint dem Boden der Schachtel zur Verfertigung des ovalen Kranzes entnahm. Auf diese Weise brachte sie einen Bau zustande, der dem in der Natur vorzufindenden Puppenlager im Prinzip gleichkam. Andre zur Verpuppung reife Larven richteten sich ihre Puppenwiegen wieder in einer ganz andern Weise her. Einige von ihnen höhlten sich am Ende eines Larvenganges eine größere Partie des Rindenholzes aus und stellten eine flache, ziemlich geräumige Höhlung von ovaler Form her, ohne das für den normalen Bau charakteristische Ausgangsloch des entwickelten Käfers, welches beim normalen Puppenlager in einer schiefen Richtung gegen außen zu verläuft und vor der Erreichung der Außenwelt blind endigt, und ohne den Wiegenkranz anzufertigen. Manche

Larven blieben wieder zur Verpuppungszeit außerhalb der Rindenstücke und harrierten freiliegend der Berstung ihrer Haut.

Bei der großen Anpassungsfähigkeit dieser Larven an veränderliche Lebensbedingungen und ihren Instinktvariationen wäre es lohnend, die Tiere einige Generationen fortzuziehen, um zu sehen, ob die Nachkommen in ähnlicher Weise ihre Puppenlager herstellen werden, und eine Erblichkeit der erworbenen Eigenschaften zutreffen wird, wie es bereits SCHRÖDER (1903) bei verschiedenen Insekten und KAMMERER (1907 a) an verschiedenen Amphibien festzustellen gelang; jedoch war es mir damals aus mehreren Gründen nicht möglich, die Versuche in dieser Richtung fortzuführen. Die herangezöchteten Käfer begatteten sich zwar (Taf. V Fig. 1) und legten wahrscheinlich Eier ab, aber die entwickelten Larven konnten sich nicht gut ernähren, da das vorhandene Holz bis auf die inneren Partien nahezu ausdorrte, und ich zu jener Zeit nicht in der Lage war, die Behälter von dem allzu entfernten Fundorte der Larven her mit frischem Nahrungsmaterial zu versehen und die notwendigen und zeitraubenden Vorkehrungen für den erwähnten Versuch zu treffen. Ich hatte gleichzeitig mehrere andre Versuche mit den Käfern aufgestellt, die vielleicht durch jene Maßnahmen wesentlich gelitten hätten.

α. Rechtes und linkes Vorderbein.

Den Regenerationsversuch leitete ich am 20. VI. 06 mit der Entfernung des rechten Vorderbeines ein. Ich benutzte dabei 20 Larven von verschiedener Größe und schnitt ihnen das betreffende Beinchen ziemlich nahe an der Ursprungsstelle ab.

Am 22. VII. 06 erhielt ich aus dem Versuchsbehälter eine Larve, die bereits seit der Operation eine Häutung durchgemacht hatte. Sie besitzt an Stelle des operierten Beines ein kleines, zartes Stummelbein mit einer spärlichen Beborstung.

Am 2. IX. 06 entwickelte sich daraus die Puppe. Diese brachte beide Vorderbeine anscheinend in normaler Ausbildung. Bei näherer makroskopischer Untersuchung stellte sich aber heraus, daß das dem operierten Larvenbein entsprechende Puppenbein des an dem vorderen Ende der Femur normalerweise auftretenden, bogenförmig verlaufenden Borstenbesatzes entbehrt (Taf. V Fig. 4).

Am 17. IX. 06 entwickelte sich die Puppe zum Käfer, der einen merklichen Unterschied zwischen den beiden Extremitäten nicht mehr zu erkennen gestattete. Der Käfer wurde am 25. IX. 06 konserviert

Am 3. VIII. 06 stieß ich bei der Kontrolle wieder auf eine Larve, die das linke Vorderbein als Regenerat besaß (Taf. V Fig. 3). Das nachgewachsene Beinchen war ziemlich groß und zeigte eine starke Ähnlichkeit mit dem normalen Bein der Gegenseite, nur trägt es zartere, kürzere und weniger zahlreiche Borsten. Die Larve wurde zu dieser Zeit wegen des Stadiums konserviert.

Das letzte am Leben gebliebene Exemplar dieser Operationsart traf ich am 3. IX. 06 gelegentlich einer gründlichen Untersuchung des Stammversuchsbehälters bereits als Puppe an, deren Regenerat im wesentlichen mit dem der vorher erwähnten Puppe übereinstimmte. Ich konservierte sie, da ich bis zu dieser Zeit ein solches Stadium noch nicht besaß. Die übrigen Tiere dieser Operationsart gingen allmählich ein, ohne eine Häutung absolviert zu haben, daher auch ohne ein Regenerat zu zeigen.

Am 9. VIII. 06 fand ich gelegentlich der Räumung der Zuchtbehälter mit normalen Larven drei Larven von mittlerer Größe. An zwei Exemplaren amputierte ich das linke Vorderbein, dem dritten aber drei Beine der rechten Körperseite, von welchem letzteren Versuch später die Rede sein wird.

Von den zwei operierten Larven, denen ich das linke Vorderbein entfernte, traf ich eine am 2. X. 06 mit dem Miniaturbeinchen an der operierten Stelle. Das Beinchen zeigte ein ähnliches Aussehen wie die bisher beschriebenen Larvenregenerate. Die zweite operierte Larve fand ich nie mehr wieder.

β. Rechtes Hinterbein.

Bei dieser Operationsart benutzte ich ebenfalls 20 Larven von verschiedener Größe.

Am 5. IX. 06 fand ich eine Puppe vor, deren Hinterbeine gleich groß waren. Der Unterschied zwischen den beiden trat nur in der Beborstung des Endteiles der Femur am normalen Bein zutage. Der Borstenbesatz fehlt auch hier an dem rechten Hinterbein. Die Puppe wurde nach einigen Tagen konserviert (Taf. V Fig. 5).

Eine zweite Puppe erhielt ich am 7. IX. 06. Sie zeigte dieselben unterscheidenden Merkmale an den Hinterbeinen wie die vorherige. Am 21. IX. 06 kam aus dieser Puppe der Käfer, dessen Hinterbeine zueinander keinen merklichen Unterschied erkennen ließen. Ein Regenerat des rechten Hinterbeines an der Larve konnte ich bei diesem Versuch nicht erlangen, da mir die andern Versuchstiere, ohne nach der Operation zu häuten, allmählich verendeten.

7. Amputation aller rechten Beine.

Am 9. VIII. 06 operierte ich diejenigen von den drei zufällig in dem Stammzuchtbehälter gefundenen Larven, deren ich schon sub α Erwähnung getan, alle drei Beine der rechten Körperseite. Der Versuch sollte zeigen, ob ein Unterschied zwischen den einzelnen Beinen in bezug auf ihre Regenerationskraft besteht.

Am 11. X. 06 besaß die Larve Regenerate am rechten Mittelbein und rechten Hinterbein (Taf. V Fig. 6), während die Stelle, von wo das Vorderbein sich erheben sollte, ganz ausgeebnet war. Das Mittelbein ist konisch, am vorderen Ende etwas eingengt. Der distale, abgesetzte Teil ist kugelförmig und trägt etwa drei bis vier Börstchen. Das übrige Beinchen ist aber völlig nackt. Das Hinterbein ist im Vergleich zu dem regenerierten Mittelbein bedeutend kleiner und läßt keine Beborstung erkennen.

Durch den Versuch konnte ich nicht mehr als die Regeneration des Mittelbeines und Hinterbeines feststellen, da es sich nachträglich bei einer genaueren Untersuchung der abgeworfenen Larvenhaut herausstellte, daß ich bei der Operation nicht alle Beine in gleicher Höhe entfernt hatte, sondern von dem einen Bein mehr, von dem andern weniger, so daß bei der Beurteilung dieser verschiedenen Größen der vorliegenden Regenerate nicht verschiedene Grade der Regenerationsfähigkeit verantwortlich gemacht werden können.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Rhagium.

1) An jüngeren *Rhagium*-Larven ersetzen sich Teile der Mandibel verkleinert schon an den Larven selbst. Häuten solche Larven nach der Operation noch mehrmals, so regeneriert die Mandibel vollständig.

2) Beine jüngerer Larven ersetzen sich auch bereits im Larvenstadium; jene, anfänglich proportionierte Miniaturbildungen, erreichen im Imago Normgröße.

3) Das Wachstum der Beine ist rascher als das der Mandibeln.

2. *Tenebrio molitor* L.

(Taf. V und VI Fig. 7 bis Fig. 18.)

a. Regeneration des letzten Segments.

 α . Regenerationsversuch am letzten Segment.

Ein Ersatz von Segmenten ist bei den Insekten bis jetzt nur von GODELMANN (1901) an der Stabheuschrecke (*Bacillus Rossi*) beobachtet worden. Er schnitt 40 jungen Larven einen Teil des letzten Segments samt Cercis ab. Das Regenerat trat in relativ kurzer Zeit

(binnen 8 Tagen) nach vorausgegangener Häutung auf und zeigte nach dem Erscheinen ein ungemein rasches Wachstum. An Stelle des amputierten Teiles entstanden, wie aus GODELMANNS Figuren hervorgeht, zwei deutlich abgesetzte Körperringe (eine ausdrückliche Erwähnung davon ist im Texte nicht vorhanden). Der unvermutete Tod des Tieres machte die weiteren Untersuchungen der interessanten Bildung unmöglich.

Bei meinen Versuchen verwendete ich zunächst größtenteils mittelgroße Mehlkäferlarven, von etwa 15 mm Länge, die ich den Zuchtkisten, die in der Biologischen Versuchsanstalt eigens zur Aufzucht größerer Mengen von Mehlwürmern angelegt sind, entnahm.

So leicht die Ausführung der Operation auf den ersten Blick zu sein scheint, so schwierig ist es, die Tiere nach einer derart schweren Verletzung am Leben zu erhalten. Bevor ich zum erwünschten Erfolg kam, bedurfte es zweier Versuchsserien.

Erste Versuchsreihe.

Die Operation führte ich an 32 Exemplaren mittels einer scharf geschliffenen, an der Spiritusflamme vorher sterilisierten kleinen Schere aus. In der linken Hand hielt ich das Tier am Vorderkörper fest und wartete den Moment ab, bis es vollkommene Ruhe bewahrte, denn heftige Bewegungen verursachen stets einen großen Verlust an Körpersubstanz und führen seinen baldigen Tod herbei. Dann schnitt ich möglichst rasch das Verbindungshäutchen an der Grenze des letzten und vorletzten Segments durch.

Unmittelbar nach der Operation blieben die Tiere regungslos, nach ein paar Sekunden krochen sie aber unruhig hin und her, was leider den Austritt von Blut und Gewebe stark beförderte. Nach einigen Minuten kamen sie wieder zur Ruhe.

Um sie vor Infektion zu schützen, setzte ich alle gleich nach der Operation in ein reines Glasgefäß, bis die Blutung einigermaßen nachließ, was ungefähr 2 Stunden dauerte. Hierauf übersetzte ich sie in ein aus Holz verfertigtes viereckiges Mehlwurmkistchen, das ein am Verschlußdeckel eingesetztes Organtinfensterchen besitzt. Der Boden wurde auf einige Zentimeter hoch mit frischer Kleie bedeckt, die nebst von Zeit zu Zeit hineingeworfenen Brotstückchen als Futter diente. Die Kontrolle wurde täglich geführt.

Einen Tag nach der Operation zeigten die meisten Larven einen großen, schwarzen Wundschorf, verrieten große Mattigkeit und nahmen bis auf einige Exemplare, die das ursprüngliche pralle Aus-

sehen beibehielten, eine plattgedrückte Gestalt an. Nahrung nahmen nur die prall gebliebenen Larven an, entleerten aber die Exkremente unter anscheinend großen Beschwerden. Diese wurden an der Spitze des Körpers durch die neugebildete Afteröffnung abgesetzt und blieben oft tagelang am Körper hängen. Fast täglich starb eine größere Anzahl von Larven ab. Die Ursache des Todes war entweder der allzu große Verlust an Blut und Gewebe oder die Unmöglichkeit, sich zu häuten. Bald nach der Operation verfielen viele in einen Ruhezustand, welcher mit der einer Häutung vorausgehenden Starre große Ähnlichkeit zeigte und wahrscheinlich auch mit ihr identisch ist, da ja durch Operationen gewöhnlich die nächste Häutung beschleunigt eintritt. Am längsten erhielt sich ein Exemplar am Leben, das aber später an Häutungsnot starb.

Die erste Versuchsreihe hatte noch kein deutliches Resultat ergeben, jedoch wenigstens das eine dargetan, daß manche Exemplare die Operation auszuhalten vermögen.

Zweite Versuchsreihe.

Nach dem Mißlingen des vorherigen Versuches erneuerte ich ihn kurz nachher, stellte am 6. III. 05 mit 100 Tieren ähnlichen Stadiums eine zweite Versuchsreihe auf und wendete dabei eine Operationsmethode an, die der Verblutung wesentlich steuerte.

In der Mitte des Körpers übte ich einen leichten Druck aus, so daß das oft stark eingezogene letzte Segment deutlicher hervortrat, setzte eine vorher vorbereitete Zwirnschlinge zwischen das letzte und vorletzte Segment und zog rasch zusammen. Tags darauf trennte ich das letzte Segment an der Einschnürungsstelle mittels einer ausgeglühten Schere ab. Diese Methode war mit Erfolg begleitet, obwohl auch hier die Sterblichkeit eine enorme war.

Bald nach der Operation nahmen mehrere Larven den Häutungs- zustand an, aber nur wenigen gelang es, die Haut glücklich abzustreifen. Die meisten starben in diesem Zustand. Am 28. III. 05 konnte ich von zwei Exemplaren die ersten der Operation folgenden Häutungen in dem allgemeinen Versuchsbehälter auffinden. Die beiden gehäuteten Larven gehörten zu den kleinsten, die ich operiert hatte. Sie waren von den übrigen leicht an der hellen Färbung zu unterscheiden. Von einem Regenerat war noch keine Spur zu bemerken. Während der Häutung, die anscheinend unter großen Anstrengungen vor sich ging, hatte eine neue Verwundung durch Ablösung des alten Wundschorfes stattgefunden. Aus der Wunde traten einige kleine

Tropfen Blut, sie heilte aber innerhalb eines Tages unter Bildung eines dünnen Wundschorfes wieder zu (Taf. V Fig. 7). Ein Exemplar davon konservierte ich, das andre behielt ich am Leben. Nach der nächsten Häutung, die am 15. V. 05 erfolgte, trat ein weißes, etwa $1\frac{1}{2}$ mm langes Gebilde zum Vorschein, an dem unmittelbar nach der Abstreifung der Haut keine deutliche Gliederung wahrgenommen werden konnte. Nach ungefähr 3 Tagen konnte ich an demselben eine Segmentierung in drei Abschnitte bemerken. Es scheint somit im Regenerat eine Vermehrung der Abdominalringe stattgefunden zu haben. Von den anscheinend neu aufgetretenen Segmenten ist das drittletzte, das wegen der zwei kleinen Höckeranlagen dem letzten Segment der normalen Larve entsprechen dürfte, am wenigsten ausgebildet. Das letzte Segment trägt kleine, nach hinten gerichtete Fortschieber (bei der normalen Larve sind sie ventralwärts gelegen) und die zwischen letzteren sich befindende Afteröffnung ist terminal gelagert, während sie an der normalen Larve ventral liegt (Taf. V Fig. 8). Die Behaarung des Regenerats ist feiner und heller als die der normalen Larve. Die in Rede stehende Larve wurde wegen der geringen Anzahl der überlebenden Versuchstiere sofort konserviert.

Am 30. III. 05 traf ich eine weitere Häutung an, die aber von einem ziemlich ausgewachsenen Exemplar herrührte. Die Begleiterscheinungen waren die nämlichen wie bei den vorher erwähnten Larven. Am 25. V. 05 verfiel das Tier wieder in den Häutungszustand und entledigte sich in 2 Tagen glücklich der alten Haut. Das helle Regenerat, das nach dieser Häutung auftrat, war von dem, das ich an der kleinen Larve beschrieb, wesentlich verschieden. Das Abdominalende zeigte nur ein Segment, das dem abgetrennten in vielen Beziehungen ähnelte, jedoch in anderer Beziehung abwich. Die kleinen nach rückwärts gebogenen normalen Caudalhörner sind in der Form noch kleinerer weit auseinander stehender Höcker aufgetreten. Die Afteröffnung und die Fortschieber, die hier auf zwei kleine Stümpfe reduziert sind, nehmen statt der normalen ventralen eine terminale Lage ein. Einige Tage darauf nahm das Regenerat die braune Färbung des übrigen Larvenkörpers an. Das Tier wurde ebenfalls konserviert (Taf. V Fig. 9).

Kontrollversuch.

Von den fünf Kontrolltieren, die den operierten zur Seite standen und ihnen an Größe gleichkamen, haben alle zwischen dem 29. III. 05

und 1. IV. 05 nach der Aufstellung des Versuches zum erstenmal gehäutet. Die nächste Häutung fand zwischen dem 25. IV. 05 und 27. IV. 05 statt.

Vergleicht man die Häutungsdaten der operierten Tiere mit denen der normalen, so stellt sich heraus, daß die erste der Operation folgende Häutung beschleunigt wird, während die spätere eine Verzögerung erfährt.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Segmentregeneration bei *Tenebrio*.

1) Das letzte Abdominalsegment der Mehlkäferlarve samt seinen Anhängen ist regenerationsfähig, und zwar desto stärker, je jünger die Larve ist.

2) Bei der Regeneration kann anscheinend eine Vermehrung der Segmente stattfinden.

3) In diesem Falle wie auch dort, wo keine Segmentierung vor sich geht, findet eine Verlagerung des Afters und der Fortschieber an das Körperende statt, während sie bei normalen Larven an der Bauchseite liegen. After und Fortschieber nehmen sonach im Regenerat eine terminale, primär noch bei den niederen Insekten herrschende Stellung ein.

β. Ein Fall der Übertragung larvaler Körperdefekte auf den Käfer.

Vor ungefähr 3 Jahren fand ich anlässlich der Suche nach Mehlkäferlarven ein Exemplar darunter, das eine interessante Mißbildung am Abdomen zeigte, die wahrscheinlich durch eine Verletzung hervorgerufen worden war (Taf. V Fig. 10). Von den ersten fünf Abdominalsegmenten waren alle vollständig normal parallel hintereinander gestellt, das sechste und siebente Segment dagegen zeigten folgende Stellung: Das sechste Segment verläuft schief über den Körper vom fünften bis zum achten Segment, das siebente Segment ist in zwei dreieckige Abschnitte geteilt, von welchen jeder den Körper seitlich umfaßt und mit der Spitze das sechste Segment berührt. Es ist förmlich eine Kreuzung der Segmente unter einem schiefen Winkel vorhanden. Das achte und neunte Segment sind wieder normrecht entwickelt.

Die Larve war, als ich sie fand, noch ziemlich jung und legte vor der Entwicklung zum Imago noch vier Häutungen (drei Larven- und eine Puppenhäutung) ab. Der Defekt blieb an allen Larvenhäutungen unverändert und ging auf den Körper des Imago über (Fig. 11).

Hier ist die unregelmäßige Ausbildung der Segmente ebenfalls auf die letzten Segmente des Abdomens beschränkt. Der Endabschnitt

des Abdomens ist in der Richtung von rechts nach links gedreht. Von dem einschließlich sechsten Abdominalsegmente an tritt auch beim Imago jene Unregelmäßigkeit in der Lagerung der letzten Segmente ein. Von dem sechsten Segment ist nur ein Rest an der rechten Körperseite vorhanden. Der linke Teil des sechsten Segments und das ganze siebente Segment sind übereinandergeschlagen und stark nach links verschoben.

b. Regeneration der Beine.

TORNIER (1901), der die Regeneration der Beine am Mehlkäfer eingehender studierte, operierte Larven von verschiedenem Alter (9—78 Tage vor der Verpuppung) und fand folgendes:

1) Larven »nur wenige Tage vor der Verpuppung« zeigen nach der Verwandlung zu Puppe und Käfer keine Regeneration.

2) Larven »lange Zeit vor der Verpuppung« liefern bereits an der Larve Regenerate. Aus solchen Larven hervorgegangene Puppen und Käfer besitzen, wenn sie mindestens 45 Tage vor der Verpuppung standen, »normrecht große« Regenerate.

3) Larven »längere Zeit vor der Verpuppung«, die aber zur Zeit der Verwandlung in die Puppe mit Wundschorf behaftet sind, ergaben Regenerate, deren Größe mit dem zunehmenden Alter der Larven proportional abnimmt.

Diesen Angaben TORNIERS stelle ich eine detaillierte Beschreibung meiner Versuchsergebnisse zur Seite.

α. Exstirpation der Beine.

* Ältere Larven.

Der Versuch wurde am 18. III. 05 mit zwölf Larven, die nahe der Verpuppung standen, unternommen. Alle waren bereits in den Häutungszustand verfallen, den man nach folgenden Begleiterscheinungen leicht erkennen kann. Solche Larven legen sich leicht bogenförmig gekrümmt auf die eine Seite des Körpers. Ihre Beine sind etwas nach vorn gestreckt und je nach dem Differenzierungsgrade der Puppenorgane mehr oder weniger beweglich. Derartigen Larven wurde das rechte oder linke Vorderbein samt der umgebenden Körperhaut mit einer sterilisierten Schere exstirpiert. Die Operation bewirkte einen enormen Blutverlust, der bei manchen Exemplaren durch rhythmische Contractionen wesentlich gefördert wurde. Die meisten warfen sich nach der Operation unruhig hin und her, blieben aber nach kurzer Zeit an ein und derselben Stelle liegen, drei Tiere

hingegen fingen an herum zu kriechen und nahmen das Larvenleben von neuem auf (partielle Neotenie), welche merkwürdige Begebenheit ich bei meinen Regenerationsversuchen mit Käfern an diesen Stadien wiederholt zu beobachten Gelegenheit hatte. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß hier, wie ich an den ausgewachsenen Larven einer andern Art (*Hydrophilus piceus*) experimentell festzustellen vermochte, der übermäßige Blutverlust eine bedeutende Verzögerung der Entwicklung hervorgerufen hat. Tags darauf trennte ich die durch die Verletzung aus dem Puppenschlaf geweckten Larven von den ruhenden.

Alle operierten Tiere brachte ich in kleinen, mit Kleie versehenen Blechkäfigen unter, die allseits mit Ausnahme des Bodens feingitterte Wände besaßen. Die Versuchskäfige standen in einem Raum von etwa 17° C.

Bis zum 30. VII. 05 gingen die weiter ruhenden unter allmählichem Schwarzwerden zugrunde. Von den nach der Operation regsam gewordenen Larven erhielt ich am 14. IV. 05 zwei Puppen und 3 Tage darauf eine dritte, von denen die zwei ersten an der operierten Stelle keine Neubildungen zeigen, die dritte aber das rechte Vorderbein als Miniaturbeinchen trägt. Am 5. V. 05 erhielt ich aus den zwei erstentwickelten Puppen Imagines, die an Stelle des an der Larve operierten linken Beines einen etwa 1½ mm langen, weißen Stummel tragen, der anscheinend in drei Teile zerfällt. Am längsten ist der vom Körper entspringende Abschnitt. Er ist rund, distalwärts etwas verjüngt und trägt im vorderen Teil an den Seiten einige ganz kleine Höckerchen. Dem ganzen Aussehen nach dürfte er der Femur entsprechen. An diesen gliedern sich zwei unansehnliche und weniger deutlich voneinander abgesetzte Gebilde, von welchen das erste, an die angebliche Femur grenzende seitlich vorn einen kleinen Auswuchs besitzt, welcher den betreffenden Abschnitt des Regenerats als Anlage der Tibia vermuten läßt. Der letzte Abschnitt des Regenerats ist ebenfalls ungemein kurz und läßt zwei nebeneinander stehende Höcker erkennen, welche wahrscheinlich die angelegten Klauen darstellen. Das gegenüberliegende normale Bein besitzt folgende Dimensionen: Femur 2½ mm, Tibia 2 mm, Tarsus 1½ mm (Taf. V Fig. 12a).

Eine besondere Aufmerksamkeit beanspruchte am Regenerat der Verlauf des Ausfärbungsprozesses, und ich behielt aus diesem Grunde die beiden Tiere noch ein paar Wochen am Leben.

Wie ich mich an verschiedenen Käferarten überzeugt habe, geht

der Ausfärbungsprozeß nicht zu gleicher Zeit an allen Organen vor sich, sondern die einen Organe verfärben sich früher, die andern später. Auch unterliegen die einzelnen Organe in ihrer ganzen Ausdehnung nicht gleichzeitig der Verfärbung, sondern dieselbe schreitet in einer ganz bestimmten, gesetzmäßigen Weise fort.

Die Ausfärbung der Extremitäten wird bereits an der Puppe eingeleitet, und zwar geht sie centripetal vor sich, indem sie stets mit der Verfärbung des letzten Tarsalgliedes beginnt und gegen die Basis des Beines fortschreitet.

Die in Rede stehenden Regenerate bewahrten, trotzdem die übrigen Organe der Käfer während der erwähnten Zeit ihr für die Art spezifisches Pigment erhalten hatten, mit Ausnahme eines Exemplars, das bis zu dieser Zeit die linke Flügeldecke licht behielt, noch immer eine lichtere Färbung (Taf. V Fig. 12*b*). Im allgemeinen zeigten sie einen gelblichen Ton, nur das Distalende mit den zwei Klauenanlagen verrät bereits eine bräunliche Tönung.

Demnach würde sich, wenn die Tiere länger gelebt hätten, der Ausfärbungsprozeß gewiß auch noch weiter in jener gesetzmäßigen Weise abgespielt haben, wie er bei normalen Tieren an Beinen vor sich zu gehen pflegt, und somit eine Kopierung der postembryonalen Entwicklungszustände vorliegen.

Die dritte Puppe, die ich noch von derselben Operationsart besaß, verwandelte sich am 9. V. 05 zum Käfer. Dieser trägt an der operierten Stelle ein ungemein zartes, bräunlich getöntes Beinchen mit deutlicher Gliederung eines Insektenbeines (Taf. V Fig. 13*a, c*). Nur ist der Tarsus im Vergleich zu dem normalen in bezug auf die Anzahl der Glieder und Ausbildung derselben sehr abweichend gebaut. Der regenerierte Tarsus besitzt drei Glieder, von welchen aber nur das Endglied wohl ausgebildet ist, während die zwei vorgehenden nur als Anlagen der Glieder erscheinen. Die Klauen sind fast gerade gestreckt, an dem vorderen Ende etwas gewunden, und laufen bei weitem nicht so spitz aus wie beim normalen Tarsus. Der normale Tarsus des Vorderbeines zählt fünf deutlich abgesetzte Glieder, von welchen das distale Glied zwei lange, hakenförmig gebogene und spitze Klauen trägt (Taf. V Fig. 13*b*). Nach 14 Tagen nahm das ganze Regenerat, bis auf die zwei ersten Tarsalglieder, die licht blieben, den nämlichen Farbenton wie die übrigen Beine des Tieres an. Die Ausfärbung erfolgte in ganz ähnlicher Weise wie beim normalen Bein. Die Dimensionen des Regenerats und des gegenüberliegenden Beines sind:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	2 $\frac{1}{2}$ mm	2 mm	1 $\frac{1}{2}$ mm
Regenerat	1 $\frac{1}{2}$ mm	1 mm	$\frac{1}{2}$ mm

An den drei Regeneraten kann man deutlich erkennen, daß die Entstehung der Tarsalglieder in jener Reihenfolge vor sich geht wie bei der ontogenetischen Entwicklung. Weiter liegt hier eine starke Reduzierung der Tarsalglieder vor, welche Erscheinung bisher unter den Insekten nur bei Orthopteren und Lepidopteren bekannt ist, während bei den Käfern stets die normale Anzahl der Glieder konstatiert wurde. Mir sind derartige Fälle selten untergekommen und nur an Tieren, wo ich die Exstirpation vorgenommen habe, oder Tiere in vorgeschrittenen Stadien operierte.

** Jüngere Larven.

Am 3. IV. 07 suchte ich mir aus den Mehlwurmboxen zehn jüngere, nach der Größe zu schließen auf untereinander gleichem Stadium befindliche Larven, die noch am selben Tage häuteten.

Fünf Exemplaren schnitt ich mit einer sehr feinen Schere nach vorherigem Ausglühen der Spitzen das linke Hinterbein ringsum aus dem Larvenkörper heraus. Die Blutung war ungemein stark, und es quoll aus der Wunde reichlich Fettgewebe untermischt mit Tracheen. Die so operierten Tiere setzte ich zuerst in ein reines Glasgefäß, wo ich sie etwa eine Stunde beließ, bis die Bildung des Wundschorfes stattfand. Hierauf setzte ich sie in ein kleines Metallkästchen und pflegte sie ebenso, wie es gelegentlich der Darstellung der Segmentregeneration angegeben wurde.

Die Temperatur während des Versuchsstandes belief sich durchschnittlich auf 25° C.

Nach 10 Tagen waren bis auf ein Stück alle tot.

Am 5. V. 07 häutete die am Leben geblieben Larve, jedoch von der Regeneration war nichts zu bemerken. Die Stelle, wo vorher das Beinchen inserierte, war ganz ausgeebnet.

Am 19. V. 07 wandelte sich die Larve zur Puppe. Jetzt zeigte sich ein kleines Miniaturbeinchen.

Am 31. V. 07 fand die Metamorphose in den Käfer statt. Er zeigte stark asymmetrischen Hinterleibsbau (Taf. VI Fig. 14a). Das ganze Abdomen samt Flügeln ist stark nach der rechten, also derjenigen Seite, wo keine Operation vorgenommen worden war, gesenkt und zunächst nach der entgegengesetzten Seite abgebogen, im Endstück aber wieder zurückgekrümmt, worüber bereits im ersten Abschnitte dieser

Abhandlung die Rede war. Der linke Flügel ist schmaler, undeutlich geadert und stark an die rechte Seite geworfen, so daß ein großer Teil der Dorsalfläche des Abdomens bloßliegt. Am interessantesten ist aber eine weitere Erscheinung, nämlich das Unterbleiben der Ausbildung des linken Hinterflügels. Erst nach einigen Tagen bemerkte man bei sorgfältiger Besichtigung, daß an der Stelle des Hinterflügels ein bräunliches, auf den ersten Blick einem kleinen, verkümmerten Bein nicht unähnliches Gebilde, welches das im Wachstum zurückgebliebene Flügelchen darstellt, hervorwächst (Taf. VI Fig. 14b).

Dieselbe Erscheinung beobachtete ich nachher auch an einem andern Exemplar, wo ich mehrere Beine an ein und demselben Tier operierte.

Das Regenerat und das gegenüberliegende normale Bein weisen ungefähr folgende Dimensionen auf:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	4 mm	3 mm	2 $\frac{1}{2}$ mm
Regenerat	3 -	1 -	1 $\frac{1}{2}$ -

Der Tarsus des Regenerats ist normalgliedrig (4 Glieder).

Der Käfer wurde am 3. VI. 07 konserviert.

β. Amputation des linken Hinterbeines nahe am Grunde.

Diese Art der Operation führte ich an drei Exemplaren desselben Stadiums, wie bei der Exstirpation, aus. Die ungefähr gleichzeitige Verwandlung zeigt, wie genau die gleichen Stadien bestimmt wurden.

Am 6. V. 07 entledigte sich die Larve der Haut. Es trat ein ungegliedertes Regenerat auf.

Am 22. V. 07 kam die Larve zur Verpuppung und zeigte ein Miniaturbeinchen (Taf. VI Fig. 15b). Die Dimensionen des Beines sind bedeutend größer als in dem vorher besprochenen Fall (bei der Exstirpation).

Am 29. V. 07 wurde die Puppe zum Käfer, der das linke Hinterbein ebenfalls als Kleinbildung aufwies. Sein Tarsus zeigt die normale Anzahl der Glieder. Die Größenverhältnisse des regenerierten und normalen Beines der Gegenseite sind:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	4 mm	3 mm	2 $\frac{1}{2}$ mm
Regenerat	3 $\frac{1}{2}$ -	2 $\frac{1}{2}$ -	1 $\frac{1}{2}$ -

Die Flügel wurden durch die Operation nicht wesentlich beeinträchtigt. Es ist eine schwache Senkung des Hinterleibes samt

Flügeln nach der rechten (also abermals an die der Operation entgegengesetzte) Seite hin zu bemerken.

γ. Amputation und Exstirpation der Beine an ein und demselben Exemplar.

Am 2. VI. 07 entfernte ich zehn Larven des ähnlichen Stadiums wie in den vorherigen Fällen drei Beine. An der linken Seite des Körpers amputierte ich das Mittel- und Hinterbein ganz an der Körperhaut, an der rechten nahm ich die Exstirpation des Hinterbeines vor.

Von den operierten Tieren blieb ein Stück am Leben, das am 20. VI. 07 die erste Haut abstreifte. An der rechten Seite des Körpers war kein Regenerat zu bemerken, die Stelle ganz ausgeebnet. An der linken Seite dagegen traten die beiden amputierten Beinchen in der Form eines ungegliederten Regenerationsstummels auf (Taf. VI Fig. 16a und b).

Am 7. VII. 07 verwandelte sich die Larve zur Puppe. An der linken Seite sind beide Beinchen als proportionale Zwergbildungen deutlich zu sehen. An der rechten Seite ist der Vorderflügel bedeutend länger, stark an die Seite des Körpers angeschmiegt. Dort, wo die distale Hälfte die Bauchseite bedeckt, ist ein Larvenhautrückstand zu bemerken. Nach der Entfernung dieses Larvenhautstückes und Hebung des Vorderflügels konnte ich den Hinterflügel als zartes und stark reduziertes Flügelehen konstatieren. An der Stelle, wo das rechte Hinterbein exstirpiert wurde, wächst ein ungemein zartes, etwa 1 mm langes Gebilde hervor, das eine deutliche Gliederung infolge seiner geringen Größe nicht zuläßt. Das Imaginalstadium wurde leider nicht erzielt, da ich die Puppe infolge einer Wundinfektion, die ich ihr mittels der Pinzette gelegentlich der Ablösung des Larvenhautrückstandes durch eine geringfügige Verletzung in die Bauchseite des Abdomens beigebracht hatte, noch vor dem vollständigen Ausschwärzen, welches Aussehen die Puppen nach der Infektion vor dem Absterben anzunehmen pflegen, konservieren mußte.

In bezug auf die Dimensionen verhalten sich die regenerierten und normalen Beine der Gegenseite folgendermaßen:

	Tibia	Tarsus
Normales Mittelbein	3 mm	2½ mm
Regenerat	2⅓ -	1⅔ -
Regeneriertes linkes Hinterbein	2½ -	1⅔ -

Regeneriertes rechtes Hinterbein: Messung der Beinteile unmöglich.

Das wiederersetzte linke Mittel- und Hinterbein weisen die normale Anzahl der Tarsalglieder auf (5 beim Mittel-, 4 beim Hinterbein).

Zusammenfassung der Ergebnisse über Beinregeneration bei *Tenebrio*.

1) Das exstirpierte und nahe am Grunde amputierte Bein ist regenerationsfähig.

2) Die Größe des Regenerats ist nicht nur vom Alter des Tieres (TORNIER), sondern auch von der Stärke des Eingriffs abhängig (Taf. VI Fig. 15a und b).

3) Bei totalem Verluste eines Hinterbeines tritt Verbiegung des Abdomens nach der Verletzungsseite und Senkung desselben nach der entgegengesetzten Seite hin ein.

4) Die vollständige Entfernung des Beines und der darauf folgende Regenerationsprozeß haben eine Reduktion des Flügels der operierten Körperseite zur Folge (kompensatorische Regulation).

5) Eine Unabhängigkeit zwischen den Larven- und Imagobeinen existiert nicht.

c. Flügelregeneration.

Daß auch in den Flügeln der Insekten regulatorische Potenzen ruhen, dafür sprechen teils die bei verschiedenen Ordnungen dieser Tierklasse aufgefundenen Mehrfach- und Doppelbildungen, teils aber auch die in dieser Richtung angestellten Untersuchungen.

GRABER (1867) erhielt bei den Orthopteren (*Decticus verrucivorus*) nach dem Ausschneiden einer Randpartie der Flügelanlage an der Larve einen verkleinerten Flügel. Ob dieses Flügelchen aber auf rein regenerativem Wege oder durch eine Umordnung des vorhandenen Zellenmaterials entstanden ist, muß dahingestellt bleiben, da über die Entstehungsweise desselben keine weiteren Beobachtungen gemacht wurden und da beide Arten von Vorgängen gewöhnlich zu gleichem Endeffekt, zur Bildung gleichwertiger Organe führen.

Das Vorgehen rein regenerativer Prozesse an den Flügeln ist von HOPE (1846) bei Käfern (*Colymbetes*) nachgewiesen worden, wo eine Ausfüllung der durchbohrten Löcher stattfand.

Viel weitgehendere Befunde sind aber in neuester Zeit von WERBER (1907) bei *Tenebrio molitor* und KAMMERER (1907 b) bei *Musca domestica* und *Musca vomitoria* gemacht worden, indem bei diesen

Tieren nicht die Regeneration einzelner Stücke der Flügel, sondern die Neubildung ganzer Flügel, und was noch mehr das Interesse beansprucht, bei geschlechtsreifen Tieren ohne vorausgegangene (KAMMERER) oder nach nur partiell stattgefundener (WERBER) Häutung erzielt wurde.

Die Regeneration erfolgte nur auf Exstirpation, nie auf Amputation hin, wofür die Ursache in der starren Konsistenz und dem relativ schwachen Stoffwechsel in den Flügeln zu erblicken wäre, welche Umstände ich auch für das langsame Tempo des Regenerationsprozesses bei den Mandibeln an Käfern verantwortlich zu machen versuchte.

Besonders überraschend wirkt die Bildungsweise der neuen Flügel bei *Musca*, wo das Regenerat allmählich durch ein mechanisches Aufblähen des unter dem Wundschorf gebildeten Häutchens und erst spätere Differenzierung der charakteristischen Flügelmerkmale entsteht, welche Bildungsweise mit der ontogenetischen Entstehung des normalen Insektenflügels eine große Ähnlichkeit besitzt. Allerdings wirkt bei der Identifizierung dieser beiden Vorgänge einigermaßen störend der Umstand, daß das als Anfangsstadium der Regeneration angelegte Flügelchen in der Form eines kolbenförmig aufgeblasenen Säckchens als Ganzes an der Bildung des Flügels teilnimmt und nicht etwa, wie man erwarten würde, eine äußere Hülle vorhanden ist, wie bei den im Puppenstadium angelegten Flügeln, welche Hülle erst bei der Häutung verloren geht.

Versuche auf die Regenerationspotenzen des Insektenflügels stellte ich bereits vor ein paar Jahren bei *Hydrophilus* an, indem ich den ziemlich herangewachsenen Larven die entsprechenden Teile entfernte, aus welchen später die Puppenflügel entstehen sollten, jedoch konnte ich infolge des allzu tiefen Einschnittes keine Regeneration beobachten, da die operierten Tiere vor der Häutung zugrunde gingen. Später nahm ich, obwohl mir eine Regeneration des Insektenflügels durch die Versuchsergebnisse WERBERS und KAMMERERS nachträglich sogar an geschlechtsreifen Insekten bekannt geworden ist, und daher ein Zweifel einer Regeneration des Flügels bei meiner Versuchsweise nicht mehr bestand, die Versuche an *Tenebrio molitor* neuerdings auf, welche hauptsächlich die Frage zu entscheiden hatten, ob eine wechselseitige Beziehung zwischen den Flügeln und Extremitäten besteht, da ich, wie aus meinen vorausgegangenen Darstellungen über die Regeneration der Beine nach erfolgter Exstirpation zu ersehen, eine regelmäßige Reduction des Hinterflügels konstatierte.

Den ersten Versuch stellte ich am 20. VI. 07 mit 20 ziemlich ausgewachsenen *Tenebrio*-Larven ungefähr gleichen Stadiums auf. Denselben entfernte ich unter möglichster Vorbeugung der Infektion die Seitenränder des Meso- und Metathorax. Aus der klaffenden Wunde trat eine weiße, breiige Masse aus, die aus Blut und Fettgewebe bestand. Am 23. VI. 07 gelang es einem Exemplar, das anscheinend die geringste Verletzung erlitten hatte, die Haut abzustreifen. An der Stelle des Wundschorfes war ein lichtetes, längliches Häutchen zu sehen. Die übrigen operierten Tiere sind bald darauf entweder der schweren Operation oder der Häutungsnot unterlegen. Am 14. VII. 07 häutete das überlebende Tier wieder und lieferte eine Puppe mit einem Regenerat des Flügels der operierten Körperseite. Die Neubildungen waren etwa 1 mm kürzer als die normalen Flügel der Gegenseite.

Am 24. VII. 07 entwickelte sich die Puppe zum Käfer, der ebenfalls verkleinerte Flügel der rechten Flanke zeigte. Die Größenunterschiede sind gleich an der enblößten Stelle der Rückenseite des Abdominalendes zu erkennen.

Das Regenerat besitzt in der Länge etwa 10 mm, der normale Gegenflügel etwa 11 mm (Messung der Elytren vom Scutellum bis zur Spitze). In der Breite ist kein wirklich meßbarer Unterschied vorhanden, jedoch erscheint der normale Flügel dem Auge trotzdem um ein Geringes breiter. Das Größenverhältnis blieb bis zur Entwicklung der Puppe zum Käfer konstant (Taf. VI Fig. 17).

Das rechte Hinterbein ist durch die Amputation der Flügelanlagen im Wachstum beeinträchtigt worden. Die Verkleinerung drückt sich besonders am Tarsus aus.

Weil ich nur ein einziges Belegexemplar erhalten hatte, drängte es mich zur Aufstellung einer frischen Versuchsreihe, und ich operierte am 23. VI. 07 nach derselben Methode neuerdings 20 Exemplare von ähnlicher Größe.

In etwa 14 Tagen starben bis auf drei Exemplare alle ab. Von den übriggebliebenen legte am 14. VII. 07 ein Stück die Häutung ab und es erschien eine Puppe. An demselben Tage häuteten noch zwei Exemplare, die sich aber nach der Häutung noch als Larven vorstellten.

Die jetzt erhaltene Puppe zeigt im Gegensatz zu der bei der ersten Versuchsreihe erhaltenen eine noch weitgehendere Verkleinerung der Flügel an der operierten Flanke (Taf. VI Fig. 18). Der Vorderflügel ist außerordentlich klein und etwas nach auswärts ge-

krümmt. Die Extremitäten haben hier eine Verlagerung erfahren. Während nämlich bei normalen Puppen Vorder- und Mittelbeine auf den Flügeln ruhen und das Hinterbein von denselben bedeckt wird, ist in diesem Falle das Mittelbein unter sie geschoben, das Hinterbein aber über die Endspitze des Hinterflügels gelagert.

Die Größenverhältnisse sind hier folgende: Regenerierter Flügel 4 mm, normaler Vorderflügel 6 mm.

Das Regenerat erscheint in der für die betreffende Käferart typischen Gestalt; ein Unterschied zwischen dem normalen und regenerierten Flügel liegt lediglich in der Größe.

Das Hinterbein der entsprechenden Körperseite ist durch die Operation der Flügel in der Größe stark beeinflusst worden. Es ist im Vergleich zu dem der Gegenseite bedeutend kürzer. Die Dimensionen der beiden Hinterbeine sind folgende:

		Tibia		Tarsus	
Rechtes Hinterbein		2½ mm		1½ mm	
Linkes	-	3	-	2	-

Der Größenunterschied der Hinterbeine ist auch bei dem in der ersten Versuchsreihe erhaltenen Exemplar mit Flügelregeneration, wie bereits erwähnt, wahrzunehmen, allerdings nicht in dem Maße als in dem vorliegenden Falle, da hier ein viel jüngerer Tier dem Versuche vorlag und der Abschnitt der Seitenränder am Meso- und Metathorax ein viel schwächerer war.

Die Puppe wurde am 25. VII. 07, knapp vor der Entwicklung zum Käfer, konserviert.

Die beiden gehäuteten Larven regenerierten die abgeschnittenen Teile des Meso- und Metathorax fast vollkommen, so daß auf den ersten Blick schwer zu unterscheiden ist, an welcher Körperseite die Operation vollzogen wurde.

Am 2. VIII. 07 wurde eine dieser Larven zur Puppe, die sich am 17. VIII. 07 zum Käfer verwandelte. Der rechte Vorderflügel ist etwa um $\frac{2}{3}$ mm kürzer als der normale. Hiermit ist auch durch diesen Versuch nebst der Tatsache der Flügelregeneration die wechselseitige Beziehung der Flügel zu den Beinen konstatiert worden, gleichwie in einem der vorigen Versuche. Hier Reduction des Beines bei Flügelregeneration, dort Reduction des Flügels bei der Beinregeneration.

Vergleicht man die Versuchsergebnisse WERBERS und KAMMERERS nach erfolgter Exstirpation an geschlechtsreifen Tieren, so stellen sich dieselben zu meinen sowohl bezüglich der Entstehung der Re-

generate als auch in bezug auf die Beschaffenheit der Endprodukte des Regenerationsprozesses in einen gewissen Gegensatz.

Während dort der Wiederersatz allgemach vor sich geht, erscheint der regenerierte Flügel bei meinen Versuchen stets auf einmal, und zwar nur nach der Häutung, in seiner für die betreffende Art typischen Gestalt. Weiter fehlt bei meinen Regeneraten vom Zeitpunkte des Erscheinens jedes merkbare Wachstum, denn ein Ausgleich der Größenunterschiede kam weder während des Puppenstadiums, noch während des Imagolebens zustande, sondern das an der Puppe konstatierte Größenverhältnis kehrte beim Käfer wieder. Als Endprodukt des Regenerationsprozesses erhielt ich eine proportional verkleinerte Bildung mit sistiertem Wachstum, während in den zitierten Versuchen WERBERS und KAMMERERS die Flügel weiterwachsen, ohne von Häutungen begleitet zu sein, und anscheinend meist ein verbildetes Endprodukt liefern.

3. *Lampyris noctiluca* L.

(Taf. VI Fig. 19.)

Amputation der letzten zwei Segmente.

Am 29. VII. 03 gelang es PRZIBRAM, am Semmering ein ♂ von *Lampyris noctiluca* und eine Larve von *Lampyris splendidula* ohne Leuchtorgan zu fangen.

Da es mir im vorhinein nicht unmöglich erschien, daß das Fehlen des Leuchtorgans bei diesen beiden Arten durch einen auf frühen Stufen der Entwicklung stattgefundenen Verlust und nachträglichen Ersatz der letzten Körperringe mit Unterbleiben der Regeneration des Leuchtorgans bedingt wurde, amputierte ich am 10. VI. 06 an drei Larven von *Lampyris noctiluca* die letzten zwei Segmente und wartete ab, ob diese das Leuchtorgan mitregenerieren oder ob sie in einer atavistischen Gestalt ohne Leuchtvermögen auftreten würden.

Die operierten Tiere hielt ich in einem kleinen Einsiedeglas, dessen Boden mit Erde angefüllt war, in die ein kleiner Graspolster eingepflanzt wurde. Kleine beschaltete Landschnecken dienten ihnen zum Futter. Die durchschnittliche Temperatur während des Versuchsstandes betrug etwa 20—23° C.

Zwei Larven gingen vor der nächsten Häutung zugrunde. Eine Larve häutete am 24. VI. 06 und wurde zur Puppe. Sie war noch nach der Häutung mit einem kleinen Wundschorf am Hinterleibsende behaftet, da bei der schwierigen Abstreifung der Haut an der zu

dieser Zeit schon einigermaßen eingehellten Stelle eine neuerliche kleine Verletzung stattfand. Am 15. VII. 06 entwickelte sich die Puppe zum Käfer. Dem operierten Abdominalende hat sich ein neues, etwas zusammengeschrumpftes Segment angeschlossen, das wie das vorangehende die Leuchtkraft erhielt (Taf. VI Fig. 19).

4. *Platycerus caraboides* L.

(Tafel VI Fig. 20.)

Beinregeneration.

Gelegentlich einer in der zweiten Hälfte des April 1906 mit Subvention der Biologischen Versuchsanstalt unternommenen Exkursion in die Höhlengebiete von Krain (welcher Ausflug die Rekognoszierung der ergiebigsten Fundplätze und Erprobung einiger Suchmethoden bezweckte, um später reichliches Material für die projektierten biologischen Experimente zu beschaffen), stieß ich in der Gegend von Steinbüchel an dem linken Ufer des Lipnicabaches auf einen halb-abgestorbenen, über den Wasserspiegel hängenden Pappelbaumstrunk, der eine reichliche Beute an *Platycerus caraboides* sowohl in Käfer- als auch in Larvenform ergab. Zu den Tieren gelangte ich mittels einer schweren Axt, mit der ich kleinere und größere Partien des fast steinhart gewordenen Stammes abspaltete. Die Käfer und großen Larven traf ich in den länglich-ovalen Puppenwiegen meist nahe unter der Rinde im Splint überwinternd an, während die kleineren Larven meist mittlere Partien des Strunkes unter Herstellung rundlicher, unregelmäßig verzweigter Gänge benagten. Es ist erwähnenswert, daß ich verschieden gefärbte, sowohl blau- als auch grün-metallisch glänzende Käfer in ein und demselben Strunk fand. Ich nahm eine größere Anzahl der frisch abgebrochenen Holzstücke mit, hauptsächlich aber die gefundenen Puppenlager, um die Tiere leichter fortbringen zu können.

Zunächst war es mir daran gelegen, meine Kenntnisse über die Lebensgewohnheiten dieser Tiere zu vermehren und den Verlauf des Ausfärbungsprozesses zu verfolgen; ich stellte den Regenerationsversuch erst nachträglich, als ich mich in jener Hinsicht halbwegs befriedigt hatte, an.

Versuchsaufstellung am 9. VIII. 06.

In erster Linie handelte es sich beim vorliegenden Versuche darum, welchen Gang die Regeneration an vorgeschrittenen Larven bei der Entfernung des Beines in der Nähe des Rumpfes nehmen würde. Zu diesem Behufe operierte ich drei nahe vor der Verpuppung

stehende Larven, indem ich ihnen das rechte Hinterbein in der ersten Hälfte der Femur abschnitt. Der Blutverlust war ein unbedeutender.

Die Tiere hielt ich in einem kühlen, ungeheizten und halbdunkeln Raum, wo ich ursprünglich die ganze *Platycerus*-Kultur aufgestellt hatte.

Den Versuchstieren wurden ähnliche Lebensbedingungen geboten wie den normalen Zuchttieren. Sie wurden in einem größeren luftigen Blechkäfig untergebracht, dessen Boden mit Erde und Holzmehl gemischt, welch letzteres ich von dem Fundorte der Tiere mitgebracht hatte, auf einige Zentimeter Höhe aufgefüllt war. Einerseits sollte das Holzmehl den schwachen Larven als Futter dienen, anderseits die erforderliche Feuchtigkeit im Käfig erhalten. Auf diese Schicht kamen größere und kleinere frische Pappelbaumholzstücke und obendrauf Moos, um die Austrocknung des Holzes zu verhüten.

Da die Kontrolle bei den normalen Zuchtversuchen jedesmal mit bedeutenden Verlusten verbunden war, indem ich das steinharte Holz mit großer Gewalt auseinanderbringen mußte, wobei leider durch Quetschung viele Tiere umkamen, begnügte ich mich, jene Kontrolle beim Regenerationsversuch infolge der geringen Anzahl der Versuchstiere nur innerhalb längerer Zeiträume vorzunehmen.

Am 2. IX. 06 erhielt ich bei der Suche einen Käfer im Puppenlager, der aber noch nicht die endgültige Färbung angenommen hatte, sondern die Flügel erschienen noch ganz weiß. Das rechte Hinterbein repräsentiert sich, von der Tibia angefangen, vermöge seiner geringen Größe und zarteren Beschaffenheit als ausgesprochenes Regenerat (Taf. VI Fig. 20 *a, b*). Der Schnitt war zwar scheinbar durch den proximalen Abschnitt am Larvenfemur geführt worden, es ist aber wahrscheinlich, daß trotzdem nur die Tibia getroffen worden war, weil sich das Bein im Zeitpunkte der Operation aus der Larvenhaut schon entsprechend weit zurückgezogen haben mochte.

Das Größenverhältnis des regenerierten und normalen Beines ist folgendes:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Hinterbein	3 $\frac{1}{2}$ mm	3 mm	2 mm
Regenerat	3 $\frac{1}{2}$ -	2 $\frac{1}{2}$ -	1 $\frac{1}{2}$ -

Die Anzahl der Tarsalglieder am Regenerat (5) ist normal.

5. *Oryctes nasicornis* L.

(Taf. VI und VII Fig. 21 bis Fig. 28 b.)

Beinregeneration nach Exstirpation und Amputation.***a.* Versuche mit älteren Larven.***** Exstirpation des rechten Vorderbeines und linken Mittelbeines.**

Am 7. VII. 05 operierte ich zehn Larven; fünf Larven entfernte ich das rechte Vorderbein, den übrigen fünf das linke Mittelbein, indem ich ihnen mittels einer kleinen sterilisierten Schere die betreffenden Beine samt der umgebenden Körperhaut ringsum ausschnitt. Der Verlust an Körpersubstanz war ein sehr großer. Die operierten Tiere hielt ich einen Tag lang in reinen Glasgefäßen und setzte sie nach der Bildung des Wundschorfes, die einzelnen Operationsarten sortiert, in größere, luftige Blechkäfige, die ich vorher mit Erde, Pferdemist und Gerberlohe bis zum Rande gefüllt hatte.

Die Nahrungsmittel wurden, wenn sie von den Larven in einen mehligten Zustand verwandelt worden waren, durch frische ersetzt.

Die Versuchskäfige standen in einem kühlen Raume. Täglich wurde der Inhalt mit einem kleinen Wasserzerstäuber oberflächlich benetzt, so daß stets eine mittlere Feuchtigkeit erhalten blieb. Von jeder Operationsart erhielt sich ein Stück am Leben und verwandelte sich nach einigen Monaten in die Puppe, die an den der Operation entsprechenden Stellen eine Kleinbildung zeigte.

Beschreibung der Puppe mit dem regenerierten rechten Vorderbein.

Die Larve fand ich am 27. VII. 05 als Puppe vor, deren rechtes Vorderbein sehr klein war (Taf. VI Fig. 21). Einen besonders abweichenden Bau zeigte der Tarsus des Regenerats gegenüber dem des normalen Beines. Er läßt nur zwei deutliche Abschnitte unterscheiden, von welchen der proximale ziemlich dick und kurz war, der distale aber etwas dünner und länger erschien. Die Endspitze des letzten Abschnittes ist stark chitinisiert und stellt wahrscheinlich die Anlage des letzten Tarsalgliedes dar. Das Größenverhältnis des regenerierten und normalen Beines ist folgendes:

	Tibia	Tarsus
Regeneriertes Bein	4 mm	2 mm
Bein der Gegenseite	6 -	4 -

Die Puppe wurde in diesem Stadium konserviert.

Puppe und Käfer mit regeneriertem linken Mittelbein.

Die operierte am Leben gebliebene Larve traf ich am 4. VIII. 05 in der Puppenwiege an. Sie verfertigte sich in der Erde ein ziemlich großes, ovales Loch, in welchem sie zusammengekrümmt fast unbeweglich lag. Am 9. VIII. 05 verwandelte sie sich zur Puppe, deren linkes Mittelbein sich als ausgesprochenes Regenerat erwies. Sie wurde am 12. IX. 05 zum Käfer (Taf. VI Fig. 22 a), dessen Regenerat folgendes Aussehen besaß: Ungemein klein sind Tibia und Tarsus ausgebildet. Die Tibia zeigt die Gestalt derjenigen des normalen Beines. Der Unterschied liegt nur in dem Mangel der Behaarung und stumpfer Ausbildung der distalwärts ausgebildeten Fortsätze. Am interessantesten ist aber die Differenzierung des Tarsus. Dieser trägt nicht, wie es beim normalen Bein der Fall ist, fünf Glieder, sondern vier, von welchen das distale Glied (Krallenglied) am meisten ausdifferenziert erscheint. Es ist stark chitiniert, hat jenen Grad der Ausfärbung erlangt wie das normale Klauenglied, und besitzt alle charakteristischen Bestandteile eines solchen. Die zwei folgenden Abschnitte sind als Anlagen der betreffenden Glieder kenntlich und entbehren der Behaarung. Das erste Glied (Basalglied) ist wieder als solches ausdifferenziert, es besitzt alle Merkmale, die ein normales Grundglied des Tarsus kennzeichnen (Taf. VI Fig. 22 b).

Das Größenverhältnis des normalen und regenerierten Beines ist ungefähr folgendes:

	Femur	Tibia	Tarsus
Regeneriertes Bein	5 mm	2 $\frac{2}{3}$ mm	1 $\frac{2}{3}$ mm
Normales Bein	8 -	7 -	8 -

** Amputation des linken Mittelbeines ungefähr durch die Mitte der Femur und des linken Hinterbeines am Distalende der Femur.

Zu eben derselben Zeit, als ich an jenen Larven die Exstirpation der Beine vornahm, amputierte ich zehn Larven das linke Mittel- und linke Hinterbein. Der Blutverlust war hier bedeutend schwächer. Die Larven wurden unter denselben Bedingungen fortgezüchtet wie diejenigen mit exstirpierten Beinen. Von der ersten Operationsart blieben zwei, von der zweiten eine Larve am Leben und lieferten Regenerate an der Puppe und Imago von folgendem Aussehen.

Regenerate des linken Mittelbeines.

Die Larve 1 verwandelte sich am 19. VII. 05 zur Puppe. Das regenerierte Bein ist von der Tibia an kleiner und zarter als das normale Bein. Der Tarsus ist fünfgliedrig.

Die Dimensionen des Regenerats und Beines der Gegenseite sind ungefähr folgende:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	7 mm	5 $\frac{1}{2}$ mm
Regeneriertes Bein	6 $\frac{1}{2}$ -	4 $\frac{1}{2}$ -

Die Puppe wurde am 19. VII. 07 konserviert.

Die Larve 2 wurde am 20. VII. 05 zur Puppe. Das regenerierte Bein ist auch hier von der Tibia an wesentlich zu klein und schlanker gebaut. Der Tarsus ist fünfgliedrig. Am 6. VIII. 05 erschien der Käfer (Taf. VI Fig. 23).

Die Messung der beiden Mittelbeine ergab:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	6 $\frac{1}{3}$ mm	5 mm	6 mm
Regenerat	6 -	4 $\frac{1}{2}$ -	4 $\frac{1}{2}$ -

Regenerat des linken Hinterbeines.

Die operierte Larve wurde am 25. VII. 05 zur Puppe. Die Verkleinerung des regenerierten Beines erstreckt sich hauptsächlich auf den fünfgliedrigen Tarsus (Taf. VII Fig. 24).

Das Größenverhältnis der beiden Hinterbeine ist:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	7 mm	5 $\frac{2}{3}$ mm
Regeneriertes Bein	6 $\frac{2}{3}$ -	4 -

β. Versuche mit jüngeren Larven.

Anfangs Juni 1905 fand ich in den Zuchtbehältern für Nashornkäfer mehrere kleinere Larven, die, nach ihrer Größe beurteilt, einige Tage vorher aus den dort abgelegten Eiern ausgekrochen sein mußten. Ende August des nämlichen Jahres sammelte ich mir aus der betreffenden Zuchtanlage mehrere Exemplare und stellte sie in den Dienst meiner Regenerationsversuche, um den Verlauf des Regenerationsprozesses auch an der Larve selbst kennen zu lernen. Die erwähnten Larven sind von dem ersten Beobachtungstage an bis zum Tage der Versuchsaufstellung ungemein rasch gewachsen und erreichten bis dorthin eine Länge von ungefähr 30 mm.

Die Amputation wurde an verschiedenen Beinen und verschiedenen Stellen derselben ausgeführt.

Die Versuchstiere verpflegte ich in ähnlicher Weise wie die vorher besprochenen älteren Versuchslarven.

Versuchsaufstellung am 23. VIII. 05:

* Amputation der Tibia und des Tarsus des linken Vorderbeines.

Für diese Operationsart wählte ich drei Larven. Am 17. VII. 06 traf ich eine Larve an, die bereits nach der Operation eine Häutung durchgemacht hatte. Am Ende des übriggebliebenen Stummels war eine runde, etwa $1\frac{1}{3}$ mm lange, stark chitinierte Regenerationsknospe zu sehen, die außer einigen Borsten am Grunde keine weiteren Differenzierungen aufwies. Die Femur des operierten Beines ist um etwas kürzer geworden als die des gegenüberliegenden Beines. Die Larve verfiel am 25. VI. 07 in den Häutungszustand, aus welchem sie am 3. VII. 07 in das Puppenstadium gelangte. Das dem amputierten Larvenbein entsprechende Puppenbein hat die Größe des nicht operierten Beines der Gegenseite erreicht.

** Amputation des linken Vorderbeines unmittelbar an der Körperhaut.

Die Zahl der operierten Tiere betrug vier. Am 16. VII. 06 waren noch zwei am Leben, von welchen beide Regenerate trugen, jedoch von verschiedener Größe und abweichender Ausbildung. Die Larve mit dem größten Regenerat (Taf. VII Fig. 25a) wurde gleich konserviert. Sie zeigt an der operierten Stelle ein aus der Coxa hervorsprossendes etwa $2\frac{1}{2}$ mm langes Gebilde, das in zwei Abschnitte gegliedert erscheint. Das basale, unmittelbar aus der Coxa entspringende Glied besitzt eine Länge von ungefähr $1\frac{1}{2}$ mm und trägt am Grunde lange, gegen das Distalende zu aber immer kürzere Borsten. Von diesem Glied geht ein stark chitiniertes, rundliches Gebilde aus, das, abgesehen von einigen kleinen, runzligen Erhabenheiten und einigen unregelmäßig zerstreuten Borstchen, keine weitere Differenzierung erfahren hat. An dem Vorderende scheint eine größere solche Erhabenheit vorzuliegen, die der Anlage der Endklaue entsprechen dürfte (Taf. VII Fig. 25b). Das normale Bein (Taf. VII Fig. 25b) der gegenüberliegenden Körperseite besitzt eine Länge von ungefähr $8\frac{1}{3}$ mm, wovon $3\frac{1}{2}$ mm auf Femur, $4\frac{2}{3}$ mm auf Tibia und Tarsus entfallen.

Die andre gegenwärtig noch lebende Larve zeigt ein stark verschieden ausgebildetes Regenerat (Taf. VII Fig. 26). Hier entspringt von der operierten Stelle ein etwa $1\frac{1}{2}$ mm langer Stummel, der ebenfalls zwei deutliche Glieder unterscheiden läßt. Beide sind ungewein stark chitiniert, jedoch ist die Chitinisierung am Endglied etwas stärker. Letzteres ist kegelförmig und mit kleinen warzen-

förmigen Erhebungen besät. Eine Beborstung ist an keinem Abschnitt des Regenerats zu bemerken. Das gegenüberliegende normale Bein besitzt eine Länge von etwa 7 mm (Femur 3 mm, Tibia + Tarsus 4 mm). Das in Rede stehende Tier hat bis zur Niederschrift dieser Zeilen noch keine weitere Häutung erlebt.

*** Amputation des linken Mittelbeines unmittelbar an der Körperhaut.

Zu dieser Operationsart bestimmte ich drei Larven, von denen am 25. VIII. 06 ein Exemplar häutete. Es regenerierte ein kleines stummelförmiges Gebilde, das aus zwei Gliedern bestand und dem vorher besprochenen Regenerate des linken Vorderbeines in bezug auf die Ausbildung ungefähr gleichkam. Das Regenerat schnitt ich am 25. VIII. 06 wieder am Grunde weg. Die operierte Larve kam am 16. VI. 07 zur Verpuppung und brachte mit derselben ein deutliches Miniaturbeinchen. Am 18. VII. 07 entwickelte sie sich zum Käfer, dessen Mittelbeine folgendes Größenverhältnis zeigen:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Normales Mittelbein	$6\frac{2}{3}$ mm	5 mm	6 mm
Regeneriertes Mittelbein	6 -	$4\frac{2}{3}$ -	$3\frac{2}{3}$ -

Das regenerierte Bein ist außer an der geringen Größe auch in der zarteren Ausbildung der einzelnen Extremitätenglieder kenntlich.

Der Käfer wurde nach 10 Tagen konserviert, ohne aber an manchen Organen die volle Ausfärbung erlangt zu haben. Besonders auffallend ist das linke Vorderbein (Taf. VII Fig. 27), welches nicht operiert war, pigmentiert. Während Femur und Tibia bereits ihre für diese Käferart spezifische definitive Pigmentierung erlangt haben, ist der Tarsus noch ganz licht, der aber bei den normalen Tieren nach dem Ausfärbungsgesetz als der erste ausgefärbt werden soll. Ferner ist der linke Vorderflügel etwas kürzer, verkrüppelt und gleichfalls in der Ausfärbung zurückgeblieben (Korrelation). Das Regenerat dagegen zeigt zu dieser Zeit schon eine Pigmentierung, welche die übrigen Gliedmaßen auch angenommen haben.

**** Amputation von Tibia und Tarsus des linken Hinterbeines.

Diese Operationsart wurde an drei Larven vollführt. Am 17. VII. 06 traf ich von ihnen zwei Larven an, die einige Tage vorher ihre Häutung abgestreift haben. Jede von diesen brachte ein verschieden ausdifferenziertes Regenerat zustande. Eine Larve konservierte ich an dem Tage, die andre behielt ich weiter am Leben.

Das Regenerat (Taf. VII Fig. 28a) der konservierten Larve hat folgendes Aussehen. Von der bei der Operation übriggelassenen Femur entspringt eine kegelförmige Bildung, die eine Gliederung in drei Abschnitte erkennen läßt.

Der erste, unmittelbar an die Femur angegliederte Abschnitt ist ziemlich lang, am Grunde mit langen, gegen das Ende zu mit kurzen Borsten besetzt. Der zweite Abschnitt ist bedeutend kleiner, kappenförmig und besitzt dicht am Vorderende einige kleine Borstchen. Der dritte Abschnitt repräsentiert sich als ein kleiner Kegel, der dem Bau nach der einfachen Endklaue des normalen Larvenbeines entspricht und im Vergleich zu den andern Abschnitten des Regenerats am stärksten auschitinisiert erscheint. Die Größenverhältnisse des normalen und regenerierten Beines sind folgende:

	Femur	Tibia + Tarsus
Normales Bein	4 mm	5 mm
Regeneriertes Bein	4 -	1 $\frac{1}{2}$ -

Das noch lebende Exemplar trägt am Ende der Femur ein kugliges Gebilde, das sehr chitiniert ist und außer der runzeligen Oberfläche keine weitere Differenzierung zeigt (Taf. VII Fig. 28b).

Größenverhältnisse des normalen und regenerierten Beine sind folgende:

	Femur	Tibia + Tarsus
Normales Bein	4 mm	6 mm
Regeneriertes Bein	4 -	1 $\frac{1}{2}$ -

Zusammenfassung der Ergebnisse über Beinregeneration bei *Oryctes*.

1) Die Beine von *Oryctes nasicornis* sind an der Larve regenerationsfähig.

2) Die Regenerationsfähigkeit nimmt mit dem Alter der operierten Tiere ab.

3) Die Größe des Regenerats ist nicht nur vom Alter des Tieres (TORNIER), sondern auch von der Stärke des Eingriffes abhängig.

4) Nach den noch nicht vollständig ausdifferenzierten Beinen zu urteilen, geht die Abgliederung der einzelnen Tarsalglieder in der Weise vor sich, daß zuerst das Klauenglied angelegt und zugleich auch vollständig ausdifferenziert wird, hierauf entstehen die übrigen Glieder, deren Differenzierung aber centrifugal fortschreitet, d. h. es wird zuerst das Grundglied mit seinen Anhängen ausgestattet und dann erst die folgenden Glieder.

5) Das an den Larven amputierte Bein wird — hinreichend

frühes Operationsstadium vorausgesetzt — noch regeneriert, bevor das Tier aus dem Larvenstadium herausgetreten ist. Die Regeneration geht auch hier entweder in der Weise vor sich, daß zuerst ein ungegliedertes, nacktes oder beborstetes Gebilde entsteht, oder daß zwei oder mehrere Glieder auf einmal entstehen, die bereits die Anlage des letzten Gliedes mitbringen und die weiter vorgeschrittenere Differenzierung der entstandenen Glieder zuerst an der Basis zeigen.

6. *Cetonia aurata* L.

(Taf. VII Fig. 29 bis Fig. 31.)

Beinregeneration an älteren Larven.

Beim Goldkäfer prüfte ich das Regenerationsvermögen der Beine nur älterer Larven, die nahe der Verwandlung standen. Die Durchtrennung der Beine nahm ich in der üblichen Weise entweder durch das erste Drittel der Femur oder dicht am Rumpfe vor. Die Versuchstiere setzte ich nach der Operation in sehr große, irdene Töpfe, die vorher mit Erde und frischem Pferdemist bis zum Rande gefüllt waren. Diese Töpfe standen während der Versuchszeit in einem kühlen, ungeheizten Raum. Ihr Inhalt wurde fast täglich befeuchtet und so in einer konstanten, mittleren Feuchtigkeit erhalten. Der Pferdemist wurde, wenn er stark verarbeitet war, durch frischen ersetzt. Nebenbei ist zu bemerken, daß als Aufenthaltsmedium der *Cetonia*-Larven in der Literatur Ameisenhaufen (VERHOEFF, 1891), Gerberlohe und hohle Baumstämme (LEUNIS, 1886) angegeben werden; meine Tiere wurden in Misthaufen gefangen und deshalb dementsprechend untergebracht.

Versuchsaufstellung am 7. III. 05:

Amputation des linken Vorderbeines durch das erste Drittel der Femur.

Die Zahl der Versuchstiere betrug fünf. Am 13. VI. 05 gelangten zwei Exemplare (1 und 2) zur Verpuppung, nachdem sie sich vorher eine eiförmige, ziemlich dicke Schale von der Größe einer gewöhnlichen Nuß aus dem Pferdekot verfertigt hatten.

Das regenerierte linke Vorderbein (Taf. VII Fig. 29) ist bei beiden Puppen zarter gebaut als das gegenüberliegende normale Bein. Die Verkleinerung trifft aber bei beiden hauptsächlich den Tarsus. Die Messung ergab in bezug auf die Größendifferenz der Tarsen $\frac{1}{2}$ mm; die übrigen Beinteile zeigen keinen meßbaren Unterschied.

Die Größenverhältnisse der Vorderbeine sind bei beiden Exemplaren folgende:

		Tibia	Tarsus
Puppe 1:	Regenerat	5½ mm	4½ mm
	Normales Bein	5½ -	5 -
Puppe 2:	Regenerat	5 mm	5 mm
	Normales Bein	5 -	5½ -

Der Tarsus ist in beiden Fällen normalgliedrig (5 Glieder).

Amputation des linken Mittelbeines durch das erste Drittel der Femur.

Operiert wurden in dieser Weise drei Larven. Am 13. VI. 05 fand ich eine Larve in einem vorher geschilderten Puppenbau als fertige Puppe vor. Auch hier beschränkte sich die Verkleinerung des Mittelbeines (Taf. VII Fig. 30) vorwiegend auf den Tarsus. Die Messung an den beiden Mittelbeinen ergab:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	5½ + mm	6 mm
Regenerat	5½ — -	5 -

Der Tarsus ist normalgliedrig (5 Glieder).

Amputation des rechten Hinterbeines nahe am Rumpfe.

Diese Operationsart wurde an fünf Exemplaren vorgenommen. Am 17. VII. 05 fand ich von einem Exemplar, das bei der Operation schon in einem ziemlich fortgeschrittenen Stadium gewesen war, die Puppe, die ein Miniaturbeinchen (Taf. VII Fig. 31) trug. Die Verkleinerung ist an allen Beinteilen ausgesprochen, und zwar nach folgendem Verhältnis:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Regenerat	4 mm	4½ mm	4½ mm
Normales Bein	4½ -	5 -	5 -

Die einzelnen Teile des regenerierten Beines sind dünner als die des normalen. Der Tarsus besitzt die normale Anzahl der Glieder (5).

Die Regeneration der Beine erfolgte an ausgewachsenen Larven von *Cetonia* in ganz ähnlicher Weise wie an *Oryctes*-Larven von gleichem Stadium. Das Bein wurde auch hier entsprechend der Operationsart entweder als ausgesprochenes Miniaturbeinchen, wo alle Teile eine proportionale Verkleinerung erfahren, oder als Beinchen, wo nur bestimmte Teile in der Größe beeinträchtigt werden, regeneriert.

7. *Hydrocharis caraboides* L.

(Taf. VII Fig. 32 bis 36 b.)

a) Mandibelregeneration.

Am 29. VI. 06 spann mir ein ♀ des schwarzbeinigen Stachelwasserkäfers (*Hydrocharis caraboides*) in meinen eigens zur Zucht

angelegten Aquarien seinen dritten Kokon, aus dem nach 4 Tagen 45 etwa 7 mm kleine Lärven auskrochen. An 25 Larven entfernte ich noch am selben Tage die rechte Mandibel ganz an der Basis, während ich sie den übrigen etwa durch die Mitte durchtrennte, so daß das charakteristische erste Höckerchen an der Mandibel noch erhalten blieb. Die Operation führte ich mittels einer sterilisierten feinen Schere unter der Lupe aus.

Die Versuchstiere setzte ich nach ein paar Stunden in kleinere Glasgefäße, die ich nur einige Zentimeter hoch mit Wasser füllte, den Boden mit feinem Sand bedeckte und mit Grünalgen versah. Auf den Grund setzte ich einige größere Steine, die aus dem Wasser ragten, oder richtete an der einen Wand eine Uferanlage auf, um den Larven die Möglichkeit zu bieten, ihre Beute in der in der Natur üblichen Weise verzehren zu können. Denn die Larven dieser Käferart nehmen im Gegensatz zu denen der großen Kolbenwasserkäfer (*Hydrophilus piceus* und *Hydrophilus aterrimus*), welche unter Wasser fressen, ihre Nahrung in der Weise zu sich, daß sie nach dem Ergreifen ihres Opfers ans Land eilen oder sich, gestützt auf einen an der Wasseroberfläche schwimmenden oder aus demselben herausragenden Gegenstand, mit dem Kopfe samt der Beute über die Oberfläche erheben und sie in aufrechter Stellung des vorderen Körpers unter abwechselndem kreuzweisen Übereinanderschlagen der Mandibel ihres Körpersaftes berauben. Die Fütterung war durch die Operationsart ungemein erschwert. Täglich versorgte ich die Lärven mit feinzerhackten *Tubifex*, *Cypris* oder *Chironomus*-Larven, welchen Brei ich ihnen mittels einer Pinzette vor den Mund strich.

Die Mehrzahl verweigerte die Nahrungsaufnahme und starb noch vor der ersten Häutung ab. Von beiden Operationsarten erhielten sich zusammen nur zwei Exemplare am Leben.

α. Amputation am Grunde der rechten Mandibel.

Das überlebende Tier dieser Operationsart absolvierte am 9. VII. 06 die erste Häutung. An der operierten Stelle wächst ein ungegliedertes, am distalen Ende leicht gekrümmtes, stumpfes Gebilde (Taf. VII Fig. 32b), das mit der normalen Mandibel der Larve nicht die geringste Ähnlichkeit besitzt. Merkwürdigerweise ist nach dieser Häutung die normale Differenzierung der nicht operierten Mandibel der Gegenseite rückgebildet. Das kleine, nahe an der Basis an der Innenseite inserierende Höckerchen hat nicht die typische Gestalt wie an einer normalen Mandibel (Taf. VII Fig. 32a).

Am 18. VII. 06 schickte sich die Larve neuerdings zur Häutung an. Das eigentümliche Regenerat (Taf. VII Fig. 32 c) ist bis zu dieser Zeit bedeutend herangewachsen und spitziger geworden, hat aber noch nicht die typische Ausbildung der normalen Mandibel angenommen. Die unverletzt gebliebene Mandibel der Gegenseite hat nach dieser Häutung im Wachstum nur geringe Fortschritte gemacht und büßte den letzten Rest des basalen Höckerchens, der früher noch vorhanden war, ein.

Das Regenerat erreichte bis zum Tage, an dem die Larve konserviert wurde (27. VII. 06), eine Länge von etwa 2 mm, während die Länge der gegenseitigen Mandibel etwa 2½ mm beträgt. Die normale Mandibel der Larven männlichen Stadiums besitzt aber eine Länge von etwa 3 mm.

β. Amputation der rechten Mandibel zwischen ihren beiden inneren Fortsätzen.

Die Operation wurde an 20 Larven ausgeführt. Von diesen gelang es mir nur ein Exemplar am Leben zu erhalten. Dieses häutete am 7. VII. 06 zum erstenmal und erzeugte an der amputierten Stelle ein etwa ½ mm langes, nach innen leicht gekrümmtes Gebilde, das am Distalende mit zwei ungefähr gleich langen, stumpfen Vorsprüngen versehen ist (Taf. VII Fig. 33). Die Deutung dieser Vorsprünge ist schwer. Vielleicht stellt der äußere, etwas längere Vorsprung die Endspitze, der innere den langen, in eine scharfe Spitze auslaufenden, zahnartigen Fortsatz der normalen Mandibel dar. Es ist aber auch nicht unwahrscheinlich, daß es sich hier um eine Zweifachbildung der regenerierten Mandibelendspitze handelt, da die beiden Vorsprünge ungefähr in gleicher Höhe nebeneinander stehen und dem Habitus nach gleich erscheinen.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Mandibelregeneration von *Hydrocharis*.

1) Die Mandibel von *Hydrocharis caraboides* besitzt Regenerationsvermögen.

2) Bei der vollständigen Entfernung wurde die Mandibel nicht in der für die Art typischen Gestalt restituiert, sondern trat in einfacherer Form auf, ohne Differenzierung der charakteristischen inneren Fortsätze.

3) Der Regenerationsprozeß verlief unter hochgradiger, kompensatorischer Regulation, indem die normale Mandibel der Gegenseite nicht nur im Wachstum gehemmt wurde, sondern auch die für die

Art konstanten Merkmale sich allmählich verwischten; von den zwei Fortsätzen an der Innenseite der Mandibel kam der proximale, kleinere zum Schwund.

b. Beinregeneration.

α. Operation eben ausgeschlüpfter Larven.

Die Versuche in dieser Richtung nahm ich bereits gelegentlich meiner ersten Zuchtversuche mit *Hydrocharis caraboides*, die ich anfangs Mai 1905 führte, an den jungen Larven auf. Da ich aber damals nur wenige Kokons erhielt und ich die ausgekrochenen Larven hauptsächlich für die Weiterzucht bestimmte, um die ganze Entwicklungsserie zu erlangen und die Lebensweise dieses Käfers näher kennen zu lernen, operierte ich nur nebenbei an einigen erst ausgekrochenen Lärvchen das rechte Vorderbein nahe der Ursprungsstelle. Die operierten Tiere vermochten aber während ihres ganzen Larvenlebens die verlorenen Beine nicht zu ersetzen, sondern sie behielten den kegelförmigen Regenerationsstummel, den sie nach der ersten Häutung gebildet hatten, bis zur dritten Häutung, die bereits die Puppe ergab, bei. Die Puppen sowie die Käfer, die aus den operierten Larven hervorgingen, besaßen vollkommen gleich große Vorderbeine, so daß also das jetzt regenerierte Bein von dem normalen der Gegenseite nicht mehr unterschieden war.

Weitere Versuche an ebenso jungen Stadien habe ich nachher nicht mehr angestellt, da mir inzwischen die Versuche an andern Wasserkäfern (*Hydrophilus piceus* und *Hydrophilus aterrimus*) und Schwimmkäfern (*Dytiscus marginalis* und *Cybister Roeselii*) ein ähnliches Resultat gebracht hatten.

β. Operation älterer Larven.

Die im nachstehenden zur Sprache kommenden Versuchsergebnisse beziehen sich nur auf Larven, die bereits ihre zweite Häutung hinter sich hatten und mit der nächsten dritten Häutung das Puppenstadium erreichen sollten. Sie entstammten einem Kokon, der von einem Weibchen abgelegt worden war, das eines Tages zufällig in einen großen Steintrog im Garten der Biologischen Versuchsanstalt hineingeriet und die dortigen Bedingungen zur Sicherung seiner Nachkommenschaft für günstig befand. Dieser Steintrog stellt ein Aquarium dar, das während der warmen Jahreszeiten eine immense Anzahl von verschiedenen Wassertieren, hauptsächlich *Cypris*, Daphnien, *Culex*- und *Chironomus*-Larven beherbergt, für deren massenhafte Ernährung und Vermehrung die Natur durch Ansammeln des Regen-

wassers, Herabfallen von Baumblättern und Verunglücken von Vögeln selbst sorgt.

Ich fing am 2. VII. 06 zwölf herangewachsene Larven, die aber merkwürdigerweise eine hellgrüne Färbung aufwiesen, welche Färbung wahrscheinlich durch eine intracelluläre Symbiose mit Algen bedingt wurde¹⁾.

Diese Larven brachte ich zu je vierein in großen, viereckigen Tongefäßen unter, die ich mit Kiesgrund versah, ungefähr zur Hälfte mit Wasser füllte und mit verschiedenen Wasserpflanzen, wie *Elodea*, *Ceratophyllum* und Algen besetzte. Ich fütterte sie mit *Tubifex* und *Chironomus*-Larven, die sie mit großer Vorliebe verspeisten.

Am 6. VII. 06 nahm ich an den Larven die Operation vor und entfernte je vierein das rechte Vorder-, Mittel- und Hinterbein nahe an der Basis. Da einige Larven, so oft ich sie betrachtete, beständig an der Oberfläche, u. zw. am Rande unruhig herumschwammen und herauszukriechen versuchten, errichtete ich ihnen, in der Meinung, die Larven möchten aufs Land, um sich zu verpuppen, gleich in dem betreffenden Behälter eine Landabteilung. Etwas mehr als die Hälfte des Raumes dieses Tongefäßes füllte ich ziemlich hoch mit Kies an, darauf schüttete ich etwa 3 cm hoch Erde und legte darüber einen größeren Graspolster. Vor die Landabteilung legte ich größere Steine, um ihr Hineinrutschen ins Wasser zu verhindern. Den übrigen Teil des Tongefäßes richtete ich in ähnlicher Weise wie vorher das Aquarium ein.

Die meisten Larven verließen wenige Tage nach der Operation das Wasser, bohrten sich mittels der Mandibel den Weg in die Erde durch Aufwerfen derselben und verfertigten sich nach etwa 2 Tagen einen runden Bau, wo sie der Verwandlung harhten.

* Amputation des rechten Vorderbeines.

Drei Larven dieser Operationsart verließen am 8. VII. 06 das Wasser und verwandelten sich zu Puppen. Eine wurde am 21. VII. 06, die zweite am 23. VII. 06 und die dritte am 23. VII. 06 zur Puppe.

Die Puppe vom 21. VII. 06 wurde konserviert. Ihre Vorderbeine sind ungleich groß, hauptsächlich ist es der Tarsus des rechten (regenerierten) Vorderbeines, der zu klein erscheint. Die Messung des normalen und regenerierten Beines ergab:

¹⁾ Auf diese Erscheinung werde ich in einer andern Abhandlung gelegentlich der Besprechung biologischer Versuche mit Hydrophiliden zurückkommen.

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	3 + mm	2 $\frac{2}{3}$ mm
Regenerat	3 — -	2 $\frac{1}{3}$ -

Von den beiden andern Puppen entwickelte sich eine am 28. VII. 06, die andre am 30. VII. 06 zum Käfer. Bei beiden Exemplaren ist das rechte Vorderbein (Taf. VII Fig. 34a, b) von der Tibia an kleiner als das normale Bein der Gegenseite. Nebstdem zeigen die regenerierten Teile einen schlankeren Bau. Die Zahl der Tarsalglieder (5) ist normal.

**** Amputation des rechten Mittelbeines.**

Eine Larve ging am 9. VII. 06 in die Erde und verpuppte sich am 27. VII. 06. Das rechte Mittelbein ist regeneriert, aber nur von der Tibia an wesentlich kleiner als das normale Bein. Das Größenverhältnis der beiden Mittelbeine ist folgendes:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	3 $\frac{1}{2}$ + mm	4 mm
Regenerat	3 $\frac{1}{2}$ — -	3 -

Die Puppe wurde am 29. VII. 06 konserviert.

Am 15. VII. 06 verließ ein zweites Exemplar das Wasser und wurde am 31. VII. 06 zur Puppe, die ein Miniaturbeinchen (Taf. VII Fig. 35) trug. Der am 6. VII. 06 daraus entstandene Käfer zeigt gleichfalls das ganze rechte Mittelbein verkleinert.

Das Größenverhältnis des regenerierten und normalen Beines beim Käfer ist folgendes:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	4 mm	3 mm	4 mm
Regenerat	3 $\frac{2}{3}$ -	2 $\frac{2}{3}$ -	3 -

Der Tarsus des regenerierten Beines ist normgliedrig (5 Glieder).

Das ganze Bein ist im Vergleich zu dem normalen der Gegenseite von viel zarterem Bau.

***** Amputation des rechten Hinterbeines.**

Am 10. VII. 06 begab sich die erste Larve ans Land und gelangte am 25. VII. 06 zur Verpuppung. Die Puppe besaß einen außerordentlich kleinen Tarsus (Taf. VII Fig. 36a). Am 19. VII. 06 kroch aus der Puppe der Käfer, dessen Hinterbeine folgende Maße besaßen:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	3 $\frac{2}{3}$ mm	3 $\frac{2}{3}$ mm	4 mm
Regenerat	3 $\frac{2}{3}$ -	3 $\frac{2}{3}$ -	1 $\frac{2}{3}$ -

Der kleine Tarsus ist, trotzdem die übrigen Beine des Tieres völlig ausgefärbt sind, noch von heller Färbung. Seine Gliederzahl (5) ist normal. Die Klauen sind nicht vollständig entwickelt.

Am 16. VII. 06 verließen zwei Exemplare das Wasser, die sich am 1. VIII. 06 als Puppen (1 und 2) präsentierten. Beide trugen deutliche Miniaturbeinchen (Taf. VII Fig. 36*b*). Am 7. VIII. 06 fand ich sie als Käfer vor.

Die Größenverhältnisse der Hinterbeine bei beiden Exemplaren sind:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Käfer 1: Normales Bein	4 $\frac{1}{2}$ mm	3 $\frac{1}{2}$ mm	4 mm
Regenerat	4 -	3 $\frac{1}{2}$ -	2 $\frac{2}{3}$ -
Käfer 2: Normales Bein	4 $\frac{1}{2}$ -	3 $\frac{1}{3}$ -	4 $\frac{1}{3}$ -
Regenerat	4 -	3 -	3 $\frac{2}{3}$ -

Die Tarsen beider Regenerate sind normgliedrig (5), die Neubildungen viel schlanker gebaut als die entsprechenden normalen Beine.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Beinregeneration von *Hydrocharis*.

1) Die Larve von *Hydrocharis caraboides* kann vor der Verpuppung kein neues Bein hervorbringen. Der Regenerationsprozeß beschränkt sich hier nur auf die Wundheilung.

2) Die bei den Larven amputierten Beine regenerieren jedoch an der Puppe und am Käfer umso vollständiger, je jünger die Larve war, an der die Amputation vorgenommen wurde.

3) Werden die Beine kurz vor der dritten Häutung (Verpuppung) entfernt, so trifft der Schnitt nur distale Partien, da die proximalen sich um diese Zeit schon etwas in das Innere des Rumpfes retrahiert haben; deshalb erhält man an der Puppe und am Käfer nur Regenerate der betreffenden distalen Teile, auf welche sich dann auch die Verkleinerung beschränkt.

8. *Hydrophilus aterrimus* Eschsch.

(Taf. VII Fig. 37 bis 38*b*).

a. Mandibelregeneration.

Am 8. VIII. 05 erhielt ich aus der Umgebung von Mannswörth (Nieder-Österreich) eine größere Anzahl von Wasserkäferlarven, die, nach ihrer Größe und braunen Färbung beurteilt, bereits die zweite Larvenhäutung abgeworfen hatten. Ich suchte mir von diesen sieben kleinere Exemplare aus und amputierte ihnen die linke Mandibel an

der Wurzel. Da sie sich, der einen Mandibel beraubt, gegenseitig nichts antun konnten, während sie sich sonst gern anfallen und totbeißen, hielt ich sie die ersten Tage nach der Operation in einem größeren, innen glasierten Tongefäße, das ich mit Kiesgrund, einem etwa 2 cm hohen Wasserstand und allerhand Wasserpflanzen versah, alle beisammen. Ich fütterte sie mit Schneckenbrei, den ich mir aus enthäuteten Schlamm Schnecken (*Limnaea*) mittels eines Wiegenmessers herstellte, indem ich ihnen einen größeren Klumpen des Breies vor den Mund hielt. Den ersten Tag nach der Operation wollten sie keine Nahrung zu sich nehmen. Tags darauf war ich mit dieser Fütterungsmethode glücklicher. Drei Exemplare nahmen, anscheinend von der schweren Operation erholt, den vorgelegten Brei gierig zu sich, indem sie ihn mit der linken Mandibel an den Mund preßten und aufsogen. Vier Tiere starben bald darauf. Als mir die operierten Larven zur Verpuppung reif schienen, isolierte ich sie, brachte sie in drei gleichen Tongefäßen unter und stellte ihnen in den betreffenden Gefäßen eine Landanlage in der bereits bei *Hydrocharis caraboides* geschilderten Weise her. Am 23. VIII. 05 vermißte ich zwei Larven im Wasser. Nach weiteren 2 Tagen fand ich sie in den bereits von ihnen verfertigten runden Höhlungen vor. Am 1. IX. 05 verwandelten sie sich zu Puppen, von denen beide die linke Mandibel neu gebildet, aber im Vergleich zu der normalen etwas verkleinert, besaßen. Eine Puppe konservierte ich nach 2 Tagen, die zweite ließ ich zum Käfer sich entwickeln.

Am 16. IX. 05 wurde die zweite Puppe zum Käfer, der die linke Mandibel als deutliche Kleinbildung aufwies (Taf. VII Fig. 37). Sie ist ungefähr zur Hälfte kleiner als die normale Mandibel. An der Innenseite besitzt sie nur einen dreihöckerigen Zahn, während die normale Mandibel durch drei in einer Reihe stehende an dem distalen Ende einfach geteilte Zähnchen ausgezeichnet ist. Auch ist das Distalende der regenerierten Mandibel gegenüber der normalen abweichend gebaut. Die normale Mandibel endet mit einem starken, zahnartigen Gebilde, das distalwärts in drei stumpfe Fortsätze gefurcht erscheint; die am Regenerat jenem Zahn entsprechende Strecke dagegen ist am Ende stark zugespitzt und besitzt nur am Grunde einen kleinen Einschnitt, wodurch jene Strecke andeutungsweise in zwei Zähnchen gespalten wird. An der Außenseite, ungefähr in der Mitte der Mandibel, sitzt ein weißes, knopfförmiges Gebilde, dessen Bedeutung mir unbekannt ist.

Die dritte Larve gelangte am 2. IX. zur Verpuppung und ver-

unglückte dabei. Bei der nachher künstlich vorgenommenen Häutung stellte sich die linke Mandibel in verkleinerter Gestalt dar.

b. Beinregeneration.

Obwohl ich mich von dem langsamen Regenerationsprozeß der Larvenorgane bei *Hydrocharis caraboides* und an dem später genauer zu besprechenden *Hydrophilus piceus* bereits so ziemlich überzeugt hatte, wollte ich doch nicht versäumen, die nämlichen Versuche wenigstens an den Beinen der Larve von *Hydrophilus aterrimus* auch noch vorzunehmen, da mir gerade geeignetes Material zur Verfügung stand.

Beim vorliegenden Versuche verwendete ich Larven, die dem zweiten am 20. VI. 07 abgelegten Kokon eines Weibchens von *Hydrophilus aterrimus* entstammten und am 29. VI. 07 auskrochen. Von den 64 Lärvchen operierte ich 40; die Mehrzahl konservierte ich, einige züchtete ich normal weiter, um sie zugleich als Kontrolltiere zu benutzen.

Bei 20 Lärvchen entfernte ich das rechte Vorderbein, bei zehn das rechte Mittelbein und bei abermal zehn das rechte Hinterbein an verschiedenen Abschnitten (bald am Grunde, bald durch die Femur, bald durch die Tibia).

Ich brachte die Lärvchen zu je fünf in kleineren Glasgefäßen unter, die ich mit Wasser füllte und reichlich mit Wasserpflanzen versah, um das gegenseitige Morden hintanzuhalten. Gefüttert wurden sie mit ganz kleinen Limnaeen, *Physa* und *Cypris*.

Bis zum 7. VII. 07 hatten die meisten von den neun bis dorthin am Leben gebliebenen operierten Versuchstieren die erste Häutung abgeworfen. Von den drei bis zu dieser Zeit erhaltenen Kontrolltieren häuteten zwei am 7. VII. 07 und ein Exemplar am 8. VII. 07.

Eine Neubildung des amputierten Beinchens trat in keiner Operationsart auf. Die übrig gelassenen Beinstummel trugen an der Spitze eine chitinöse Kappe (Taf. VII Fig. 38a).

Am 22. VII. 07 häuteten drei Tiere zum zweitenmal. Ihre Beinstummel sind zwar größer geworden, jedoch haben sie wieder keine Differenzierung erhalten; es blieb bei der chitinösen Kappenbildung (Taf. VII Fig. 38b).

Da die Larven als solche bereits die letzte Häutung abgestreift haben und mit der nächsten (dritten) Häutung bereits das Puppenstadium erreichen, so ist es nahezu ganz ausgeschlossen, daß sie noch als Larven die operierten Beine ersetzen werden. Mit dem Puppen-

stadium, welches, während ich diese Zeilen schreibe (7. VIII.), noch nicht eingetreten ist, dürften dann jedenfalls analog den Resultaten bei andern Käferspecies Regenerate zum Vorschein kommen.

**Zusammenfassung der Ergebnisse über Regeneration
bei *Hydrophilus aterrimus*.**

1) Die den älteren *Hydrophilus aterrimus*-Larven nach der zweiten Häutung amputierten Mandibeln ersetzen sich beim Käfer in verkleinertem und reduziertem Zustande.

2) Bei eben ausgekrochenen Larven an welchen Stellen immer amputierte Beine regenerieren an den Larven selbst nicht mehr, sondern an der Amputationsstelle entsteht zuerst ein häutiger, dann chitinöser kappenförmiger Wundverschluß, von dem aus keine weitere Differenzierung des Beines erfolgt.

9. *Hydrophilus piceus* L.

(Taf. VII Fig. 39 bis Fig. 46 b.)

a. Mandibelregeneration.

α. Amputation an älteren Larven.

Am 13. VIII. 05 operierte ich an acht ziemlich ausgewachsenen Larven von *Hydrophilus piceus* die rechte Mandibel nahe am Grunde. Ich setzte sie nach der ausgeführten Operation in zwei größere Tongefäße, die ich in ähnlicher Weise einrichtete, wie bei dem vorher besprochenen analogen Versuch. Auch die Verpflegung war im Wesen die gleiche.

Am 31. VIII. 05 erschien eine Puppe, welche die rechte Mandibel als verkleinerte Bildung zeigte. Dieselbe wurde nach 2 Tagen konserviert.

Tags darauf kamen zwei Puppen zum Vorschein. Beide trugen die rechten Mandibeln als Regenerate. Die eine Puppe wurde nach einigen Tagen schwarz und ging zugrunde. Sie ist, wie ich nachher konstatierte, von einer großen Anzahl kleiner Nematoden angefressen worden. Am 15. IX. 05 entwickelte sich die letzte Puppe, welche mir noch am Leben geblieben war, zum Käfer (Taf. VII Fig. 39). Die rechte Mandibel ist an ihrer geringen Größe und unvollkommenen Ausfärbung als Regenerat kenntlich. Weiters ist sie nicht, wie die normale, gleichmäßig gebogen, sondern besitzt an der Außenseite eine sattelförmige Einsenkung, wodurch zwei kleine Vorwölbungen entstanden sind. Das distale Ende trägt an Stelle der zwei Zähnechen, welche bei der normalen Mandibel vorhanden sind, drei;

es hat sich zwischen dem größeren oberen und etwas kleinerem unteren, noch ein drittes Zähnchen an der Innenseite des oberen Zähnchens ausgebildet.

β. Amputation an ganz jungen Larven.

Um den Verlauf des Regenerationsprozesses an den Larvenstadien dieser Käferart verfolgen zu können, operierte ich am 16. V. 06 20 junge Lärvehen, die tags vorher den Kokon verlassen hatten. Zehn Exemplaren amputierte ich die rechte Mandibel am Grunde, den übrigen zehn durchtrennte ich sie etwa in dem ersten Drittel. Ungefähr eine Stunde lang beließ ich die operierten Tiere in ganz reinem Wasser, bis die Blutung aufhörte. Hierauf setzte ich sie zu je zehn zusammen in größere, innen glasierte Tongefäße, welche ich naturgemäß einrichtete. Die Fütterung bestand teils aus zerdrückten *Cypris*, teils in enthäusten kleinen Wasserschnecken, die ich mit der Pinzette quetschte.

* Amputation der ganzen Mandibel.

Diese Operationsart überdauerte nur ein Tier, das am 27. V. 06 zum erstenmal häutete. Es erzeugte bis zu dieser Zeit ein etwa $\frac{2}{3}$ mm langes, höckerloses, in dem Momente der Häutung vollkommen weißes, kegelförmiges Gebilde, welches am folgenden Tage stark auschitinierte und sich bräunlich verfärbte (Taf. VII Fig. 40ab). Das Exemplar wurde am 28. V. 06 konserviert.

** Amputation durch das erste Drittel der Mandibel.

Von den zehn operierten Tieren blieben drei am Leben. Zwei davon häuteten am 28. V. 06. Beide ersetzten den entfernten Teil durch Ausbildung kegelförmiger, nach innen leicht gekrümmter Mandibelchen (Taf. VII Fig. 41a). Die Differenzierung der an der Innenseite nahe der Mitte der normalen Mandibel vorkommenden Höckerchen unterblieb. Das eine Exemplar wurde am nächsten Tage konserviert, das zweite starb zwei Tage nach der Häutung. Am 29. V. 06 häutete das dritte überlebende Tier. Nach der Häutung erschien an der amputierten Stelle ein nahezu gerade gestreckter Stummel, der am Ende eine leichte Vertiefung zeigte (Taf. VII Fig. 41ba). Nach der nächsten (zweiten) Häutung, die am 9. VI. 06 stattfand, trug das Tier an Stelle der rechten Mandibel (Taf. VII Fig. 41bβ) einen etwa $2\frac{1}{2}$ mm langen, mächtigen Stummel, welcher mit zwei ungefähr gleich langen stumpfen Fortsätzen endigte (Doppelbildung).

**Zusammenfassung der Ergebnisse über Mandibelregeneration
bei *Hydrophilus piceus*.**

1) Die an ausgewachsenen Larven amputierte Mandibel wird an der Puppe und dem Vollkäfer in verkleinerter Gestalt ersetzt.

2) An den jungen Larven durchtrennte Mandibeln erreichen ihre für die Art charakteristische Gestalt nicht, sondern sie treten in vereinfachter Form auf, und verhalten sie sich daher ähnlich wie die Mandibel bei *Hydrocharis caraboides*. Im Vergleich zu der letzteren Art besitzt *Hydrophilus piceus* bezüglich dieses Organs ein geringeres Regenerationsvermögen, denn trotz der längeren Zeit, die er zur Herstellung des Regenerats brauchte, konnte er nicht einmal die allgemeine Gestalt der ursprünglichen Mandibel kopieren.

b. Beinregeneration.

α. Amputation der Beine an Larven, die längere Zeit vorher die zweite Häutung absolviert haben.

*** Vorderbein.**

Ich schnitt am 9. VII. 05 sechs solchen Larven, die ich tags vorher von Jedlese (Nieder-Österreich) bezogen hatte, das Vorderbein unmittelbar an der Körperhaut aus. Fünf Exemplaren amputierte ich das rechte Vorderbein, dem sechsten durchschnitt ich ganz unabsichtlicherweise das linke Vorderbein. Der Blutverlust war ein ziemlich starker. Nach 2 Tagen war bei allen operierten Tieren an der Amputationsstelle ein mächtiger, schwarzer Wundschorf zu bemerken.

Die Larven brachte ich isoliert in irdenen, viereckigen Tongefäßen mit ähnlicher Einrichtung wie bei *Hydrophilus aterrimus*-Larven unter. Täglich versorgte ich sie mit großen Schlamm Schnecken (*Limnaea stagnalis*), welche ihnen als Futter am meisten zusagten.

Am 12. VIII. 05 vermißte ich in zwei Behältern die Larven. Ich fand sie am 22. VIII. 05 in runden Höhlungen auf den Kopf gestürzt und mit den Abdominalspitzen in die Erde eingebohrt als Puppen vor. Die eine Puppe, die sich durch die Verbreiterung des letzten Tarsalgliedes an den Vorderbeinen als männliche Puppe herausstellte, konservierte ich nach 2 Tagen. Ihr rechtes Vorderbein ist als wahres Miniaturbeinchen (Taf. VII Fig. 42) zu erkennen.

Die Messung beider Vorderbeine ergab:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	7 mm	7 mm
Regenerat	6 -	6 -

Die Anzahl der Tarsalglieder ist am Regenerat normal (5). Das

sekundäre Geschlechtsmerkmal ist am regenerierten Bein in seiner typischen, aber verkleinerten Gestalt wieder aufgetaucht.

Der zweiten Puppe, die sich als weibliche Puppe erwies, widmete ich kein weiteres Interesse, und ließ sie zum Käfer sich entwickeln.

Am 9. IX. 05 konservierte ich den verkrüppelten Käfer, der aus ihr hervorging, ohne ihn auf die Ursachen der Verkrüppelung näher zu untersuchen. Erst am 7. VIII. 07, als ich das konservierte Material durchmusterte, sah ich, daß der damals so stiefmütterlich behandelte Käfer eine interessante Doppelbildung am linken Vorderbein trägt (Taf. VII Fig. 43). Ich unterzog zuerst die abgeworfene Larvenhaut einer näheren Untersuchung und fand, daß der Wundschorf in der Längsrichtung eine kleine Grube aufweist, durch die er in ungefähr zwei gleich große Abschnitte geteilt ist. Diese Gestalt des Wundschorfes dürfte auf die Weise zustande gekommen sein, daß ich beim tiefen Einschnitt nicht auf einmal das ganze Bein abgetrennt habe, sondern zuerst etwa die eine und dann erst die zweite Hälfte, wodurch ich in der Mitte der Beinwurzel eine klaffende Wunde erzeugte. Es unterblieb dann die Verwachsung des geteilten Beinrestes, und jedes für sich geheilte Stück ließ ein neues Bein hervorwachsen.

Aus der rundlichen Gelenkgrube erhebt sich in senkrechter Richtung zum Prothorax ein mächtiger, chitinöser und links gedrehter Stamm, der eine innige Verschmelzung der Coxen der beiden Zwillingseinchen repräsentiert. Am Distalende zeigt der Stamm eine kleine sattelförmige Vertiefung, von der jederseits links und rechts die übrigen Teile der Zwillingseinchen ausgehen. Das rechte Beinchen ist stark verbildet und widderhornartig gewunden. Offenbar ist es infolge des Raummangels, da das rechte nicht operierte Bein mit seiner Coxa gegen die Mitte des Thorax hinreicht, an der Entfaltung gehindert worden. Es wurde zur Zeit der Untersuchung noch vollständig von der Puppenhaut umhüllt.

Um der Differenzierung des Beinchen ansichtig zu werden, nahm ich eine künstliche Häutung desselben vor. Nach vielen Bemühungen gelang es mir, diese Hülle mittels der Pinzette zu entfernen, bei welcher Präparation das Beinchen an zwei Stellen etwas eingerissen wurde, aber dennoch noch im Zusammenhang blieb. Das Beinchen ist mittels des Trochanters in den gemeinschaftlichen Stamm eingelenkt und besitzt alle Bestandteile, die ein Vorderbein auszeichnen, nur sind die einzelnen Abschnitte etwas abweichend gebaut. Diese abweichende Differenzierung trifft alle Bestandteile des Bein-

chens. Der Trochanter ist wahrscheinlich wegen des Druckes, den das ganze Bein von dem gegenseitigen nicht operierten Bein erfuhr, rundlicher geworden. Die Tibia ist stark gewunden und trägt an der Unterseite anstatt mehrerer längsverlaufender Borstenbesätze, die an der des normalen Beines aus dicht nebeneinander stehenden Borstenbüschelchen zusammengesetzt werden, nur unregelmäßig zerstreute, weit voneinander entspringende Borstenpinsel. Der Tarsus ist fünfgliedrig und trägt am letzten Glied zwei lange, wenig gekrümmte und stark zugespitzte Klauen, zwei weitere Klauen sind als kleine, chitinierte Höcker angedeutet.

Das linke, der Außenwelt zugekehrte Zwillingsgeschwisterbeinchen ist etwas stärker und bis auf das Distalende der Tibia gut entfaltet. Letztere trägt am Ende zwei ungleich mächtig ausgebildete, stark reduzierte kegelförmige Dornen, die den charakteristischen langen Enddornen der normalen Tibia entsprechen. An der Unterseite der Tibia sind die Borstenbesatzreihen in jener Ausbildung vorhanden, wie am normalen Bein. An die Tibia schließt sich ein undeutlich differenziertes kleines Gebilde, dessen vorderes Ende zwei kleine Höckerchen besitzt. Ursprünglich war ich, da das Beinchen sonst so schön ausgebildet ist, der Meinung, der Tarsus sei vielleicht doch zur Entwicklung gekommen und erst nachträglich, gelegentlich der Häutung des Tieres, abermals in Verlust geraten; jedoch ist wahrscheinlicher, daß die letzten Teile des Beines infolge ungentügenden Baustoffes nicht fertiggestellt werden konnten, da ein Wundschorf an dem Ende des Beinchen nicht zu sehen ist und das Distalende der Tibia eine Reduction erfahren hat.

Das der Doppelbildung gegenüberliegende rechte Vorderbein des Tieres ist im Vergleich zur Körpergröße unverhältnismäßig klein ausgefallen (kompensatorische Reduction).

Von diesem Versuch entwickelten sich noch drei Larven zu Puppen, die aber in der Häutung stecken blieben. Alle drei zeigten nach der gewaltsam vorgenommenen Häutung Regenerate des rechten Vorderbeines, in demselben Verhältnis verkleinert wie das eingangs beschriebene regenerierte Vorderbein bei der zuerst erhaltenen Puppe. Auch in bezug auf die baulichen Merkmale stimmen jene drei Regenerate mit dem erstgewonnenen überein.

** Hinterbein.

Um zu sehen, in welcher Weise das zum Schwimmbein umgewandelte Hinterbein ersetzt wird, amputierte ich am 12. VII. 05

acht älteren Larven, die ebenfalls schon vor längerer Zeit die zweite Häutung durchgemacht hatten, das rechte Hinterbein unmittelbar am Grunde. Von den acht operierten Larven blieb nur ein Exemplar erhalten, die übrigen sind mir, da die Landanlage in den betreffenden Gefäßen, wo ich sie unterbrachte, zu hoch war, entkommen. Erst nach einigen Tagen gelang es mir in dem Raum, wo die Behälter standen, etliche in halbausgetrocknetem Zustande tot aufzufinden.

Am 4. VIII. 05 verschwand das noch erhaltene Tier in der Erde und wurde am 17. VIII. 05 zur Puppe, die ein deutliches Miniaturbeinchen trug. Der Tarsus des regenerierten Beines wurde etwas nach auswärts gekrümmt.

Am 29. VIII. 05 erschien der Käfer, der gleichfalls das rechte Hinterbein proportional verkleinert besaß (Taf. VII Fig. 44). Das ganze Bein ist nach Art eines Widderhorns gewunden.

Die Maße der beiden Hinterbeine sind:

	Coxa + Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	10 mm	8 mm	12 mm
Regenerat	9 -	7 -	10 -

Das Regenerat ist im Vergleich zu dem der Gegenseite viel schlanker, besitzt aber dieselbe Anzahl der Tarsalglieder (5) und die die Schwimmbeine auszeichnende Behaarung. Der zu dieser Zeit noch nicht vollständig ausgefärbte Käfer wurde sofort konserviert.

β. Amputation der Beine an Larven, die tags vorher die zweite Häutung absolviert haben.

Am 21. VII. 05 bekam ich bei meinen Zuchtversuchen vier Larven, die zum zweitenmal nach dem Auskriechen aus dem Kokon ihre Häutung gewechselt hatten. Ich amputierte allen vieren das linke Vorderbein und stellte sie isoliert in die entsprechend eingerichteten Tongefäße.

Als Futter dienten ihnen mittelgroße Schlamm Schnecken.

Am 29. VIII. 05 ging eine Larve in die Erde und wurde am 10. IX. 05 zur Puppe.

Im allgemeinen zeigten die beiden Vorderbeine keinen besonders auffallenden Größenunterschied. Nur die Verbreiterung des regenerierten Beines war etwas schmaler. Am 9. X. 05 wurde die Puppe zum Käfer. Das regenerierte Vorderbein ist zart gebaut. Sein Tarsus besitzt die normale Anzahl der Glieder (5). Das Endglied des letzteren trägt eine längliche Haftscheibe, die nach Art eines welken Baum-

blattes unvollständig eingerollt erscheint. An dem inneren Rande sitzt eine einfache, kontinuierliche Reihe von langen Börstchen. Die Endklauen sind stark reduziert.

Am 30. VIII. 05 suchte eine zweite Larve die Erde auf und verwandelte sich am 12. IX. in die Puppe. Die Vorderbeine zeigen keinen besonders auffallenden Größenunterschied. Auch hier ist die Haftscheibe des Tarsus im Vergleich zu der des normalen Tarsus etwas kleiner geworden.

Am 5. X. 05 wurde die Puppe zum Käfer, bei welchem die Haftscheibe des regenerierten Beines eine eigentümliche Modifikation erfahren hat. Dieselbe ist hier stark zugespitzt und an der Innenfläche im Vergleich zu der normalen abweichend beborstet. Während die Beborstung an der normalen Haftscheibe den inneren Teil der Fläche einnimmt, ist sie hier ausschließlich auf die Ränder beschränkt.

γ. Amputation der Beine an Larven nach der ersten Häutung.

Am 12. VII. 05 fand ich in dem allgemeinen Zuchtbehälter für *Hydrophilus piceus* einen Eikokon. Da mir die Stammeltern des Kokons unbekannt blieben, ich die am 18. VII. 05 aus ihm entschlüpften Larven daher zu keinem weiteren Zuchtversuche benutzen konnte, verwertete ich sie für Regenerationsversuche.

An 30 Larven entfernte ich das linke Vorderbein, 16 dienten mir als Kontrolltiere. Die operierten Tiere gingen noch vor der ersten Häutung alle ein, von den Kontrolltieren blieben mir nur neun Exemplare zurück, die zwischen dem 24. VII. 05 und 25. VII. 05 alle zum erstenmal häuteten.

Am 25. VII. 05 entfernte ich fünf Exemplaren, die an diesem Tage die erste Häutung durchgemacht hatten, das linke Vorderbein; vier beließ ich als Kontrolltiere.

Alle hielt ich in großen Einsiedgläsern, die ich zur Hälfte mit Wasser füllte und mit Wasserpflanzen versah. Kleinere *Physa fontinalis* und Limnaeenarten dienten ihnen zum Futter.

Am 2. VIII. 05 warfen die operierten Larven ihre zweite Häutung (erste Häutung nach der Operation) ab. Am selben Tage starben zwei von ihnen, ohne gehäutet zu haben. Wahrscheinlich konnten sie sich ihrer Haut nicht entledigen.

Von den Kontrolltieren häutete an diesem Tage nur ein Tier, die übrigen wechselten ihre alte Haut erst nach 3 Tagen.

An Stelle des nach der Operation ausgebildeten Wundschorfes trat nach der Häutung eine ursprünglich weiche und lichtgefärbte

Knospe auf, die später zu einem bräunlich pigmentierten, kegelförmigen Stummelchen erhärtete.

Nicht unerwähnt möge eine interessante Begleiterscheinung bleiben, der ich bereits bei der Operation der Mandibel begegnete. Obwohl die operierten und Kontrolltiere nach der ersten Häutung ungefähr die gleiche Länge aufwiesen, sind die ersteren im Vergleich zu den letzteren nach der zweiten Häutung viel kleiner geworden.

Nach der zweiten Häutung übersetzte ich die Tiere in größere Tongefäße, die ich in der erforderlichen Weise einrichtete.

Gegen 27. VIII. 05 konservierte ich ein Exemplar von den operierten Tieren, da es mir ziemlich schwach erschien und bis zu dieser Zeit noch im Wasser verblieb, während sowohl die Kontrolltiere als auch die operierten bereits vor 2 Tagen das Land aufgesucht hatten.

Am 3. IX. 05 wurde eine operierte Larve zur Puppe. Ihre Vorderbeine sind derart gleich groß, daß ich ohne Protokoll nicht unterscheiden konnte, welches Bein an der Larve entfernt worden war. Tags darauf entwickelte sich die zweite operierte Larve zur Puppe, die aber in der Larvenhaut stecken blieb. Am selben Tage erhielt ich in den Kontrollversuchsbehältern zwei Puppen.

Der Versuch ergab, daß Larven, denen die Beine unmittelbar nach der ersten Häutung amputiert werden, während ihres Larvenlebens nicht in der Lage sind, jene zu restituieren. Eine Wiedererzeugung der entfernten Beine kann erst im Puppenstadium erfolgen, und zwar erreichen hier die Regenerate ungefähr jene Größe, die das normale Bein besitzt. Ferner scheint es, daß durch den operativen Eingriff die der Operation folgende Häutung beschleunigt wird, während die zweite nach der stattgefundenen Operation ungefähr in jenen Zeitpunkt fällt, wie bei den normal sich entwickelnden Tieren.

δ. Amputation der Beine an soeben ausgekrochenen Larven.

An den Larven dieses Stadiums stellte ich am 29. VI. 05 mit 20 Exemplaren, die tags vorher ausgekrochen waren, den Versuch auf. Ebenso viele Tiere wurden für den Kontrollversuch bestimmt.

Allen 20 Exemplaren entfernte ich mittels einer kleinen, sterilisierten Schere das linke Vorderbein nahe am Grunde. Aus der Wunde trat viel gelblich gefärbtes Blut. Nach der Operation setzte ich sie in kleine Glasgefäße mit etwa 4 cm hohem Wasserstand, die ich zur Verhütung von Infektionen erst nach einer Stunde mit Kiesgrund und Grünalgen versah.

Einige Larven waren durch die Operation sichtlich erschöpft und drehten sich nur unbeholfen im Wasser herum, die meisten aber schwammen in diagonalen Richtung auf dem Rücken unter kräftigem Schlagen des Schwanzendes bald dem Boden des Gefäßes, bald der Wasseroberfläche zu.

Innerhalb zweier Tage starben von den operierten Tieren 12 ab. Aber auch von den Kontrolltieren ging bis zu dieser Zeit eine beträchtliche Anzahl zugrunde.

Am 28. VI. 05 fand bei den operierten Tieren die erste Häutung statt. Am folgenden Tage häuteten wieder drei. Die übrigen gingen am selben Tage ein.

Von den Kontrolltieren häutete die erste Larve am 28. VI. 05, die weiteren fünf, die mir bis zu dieser Zeit noch am Leben blieben, warfen ihre erste Häutung zwischen dem 30. VI. 05 und 1. VII. 05 ab.

Nach der ersten Häutung erschien an Stelle des nach der Operation entstandenen Wundschorfes ein weißer, weicher Kegel, der nach ein paar Tagen sich ausbräunte und erhärtete.

Am 6. VII. 05 gingen zwei von den operierten Tieren und ein Exemplar von den Kontrolltieren ein. Die Todesursache war wahrscheinlich Häutungsnot, da tags darauf von den operierten Larven zwei Exemplare und einen Tag später noch ein Exemplar zum erstenmal häuteten.

Die Kontrolltiere streiften ihre zweite Häutung zwischen dem 7. VII. 05 und 9. VII. 05 ab.

Die bei der ersten Häutung angelegte Regenerationsknospe, die ich damals als Vorstufe des regenerierenden Beines deutete, blieb auch nach der zweiten Häutung der Form nach erhalten und lieferte nicht, wie man nach den bisherigen Erfahrungen erwarten würde, ein differenziertes Beinchen.

Am 11. VIII. entwickelten sich die beiden operierten Larven zu Puppen, denen aber die Abstreifung der Larvenhäutung mißlang. Ich nahm die künstliche Häutung vor und fand, daß beide Vorderbeine die gleiche Größe aufwiesen.

Am selben Tage wurde eine Kontrolllarve zur Puppe, die sich normal häutete. Tags darauf erreichten zwei andre Larven dieses Stadium.

Inzwischen erneuerte ich am 28. VII. 05 den Versuch mit 30 Larven, von denen mir aber alle, und zwar meist knapp vor der ersten Häutung, zugrunde gingen.

Im folgenden Jahre wiederholte ich den Versuch nochmals mit

zwei Versuchsreihen, der aber mit gleichem Resultat, mit dem Unterbleiben der Regeneration der Larvenbeine und fast vollständigem Wiederersatz derselben in der Puppe und beim Vollkäfer endigte.

Heuer nahm ich den Versuch in größerem Stile wieder auf. Hierzu wurde ich besonders durch die von WEISS (1907) an der Wasserspinne erzielten positiven Resultate veranlaßt, wo die Regeneration der entfernten Beine bei Tieren, die im Wasser gehalten wurden, unterblieb, bei Tieren aber, die außerhalb des Wassers, auf feuchtem Grund fortgezogen wurden, erfolgte. Nebst der geringen Häutungszahl, die die Wasserkäfer im Vergleich zu den andern Käferspecies aufweisen, und des kurzen Zeitraumes, der zwischen der ersten und zweiten Häutung verstreicht, vermutete ich, daß wir es hier mit einer ähnlichen Ursache des Nichtregenerierens der Beine an den Larven als solchen zu tun hätten, nämlich der Haltung in einem für den Regenerationsprozeß nicht geeigneten Medium.

Die Versuche führte ich diesmal unter möglichster Vorbeugung der Infektion aus, und ich brachte alle jene Faktoren in Anwendung, die bisher als regenerationsfördernde Mittel, wie höhere Temperatur, reichliche Ernährung, Veränderung des Mediums, Prolongierung des Häutungszeitraumes usw. bekannt geworden sind.

* Versuch beim vollständigen Entzug von Wasser.

Den Versuch führte ich in der Weise, daß ich den am 18. VI. 07 im Wasser abgelegten Kokon von *Hydrophilus piceus* gleich nach der Fertigstellung auf feuchten Grund übertrug, indem ich ihn in einem kleinen Glasgefäß, das ich im Innern mit dickem, vorher oder nachher mit Wasser bespritztem Filtrierpapier austapezierte, unterbrachte. Der einen Hälfte von den am 28. VI. 07 unter diesen veränderten Bedingungen ausgekrochenen 64 Lärven wurde das linke Vorderbein mittels einer feinen, ausgeglühten Schere nahe am Grunde entfernt. Von den operierten 32 Lärven wurde wieder die eine Hälfte unter den bereits vorhandenen Bedingungen weiter gezüchtet, die andre Partie aber eine Stunde nach der Operation ihrem normalen Element, dem Wasser, zu je zwei Exemplaren beisammen anvertraut. Die nicht operierten 32 Lärven wurden ebenso zu gleichen Partien auf Wasser und Land verteilt.

Die ans Land angepaßten Larven erforderten in der Pflege besondere Sorgfalt. Vor allem durfte das Papier nie vollständig austrocknen, was bei der damals herrschenden höheren Temperatur

nicht leicht zu vermeiden war. Das Filtrierpapier mußte daher täglich mindestens zweimal frisch befeuchtet werden.

Auch die Fütterung war bei diesen Tieren schwierig, nachdem nicht alle Larven die gereichten kleinen Wasserschnecken vom Boden aufnahmen. Ich fühlte mich daher gezwungen, ihnen zerquetschte Schnecken auf die Mandibel zu setzen, um die Larven so vor dem Hungertode zu bewahren.

Operierte Larven.

Larven außerhalb des Wassers.

Den ersten Tag nach der Operation starben nur zwei Exemplare, 9 Tage nach der Operation waren aber alle tot. Sie waren bis zu dieser Zeit mächtig herangewachsen und lagen ein paar Tage vor dem Absterben fast regungslos am Boden. Nur auf Berührung hin antworteten sie mit einem kräftigen Schlag der Mandibeln und des Schwanzendes in der Richtung nach aufwärts. Die Ursache des Todes dürfte Häutungsnot gewesen sein, denn die Larven befanden sich vorher im allgemeinen sehr wohl; sie nahmen die gereichte Nahrung stets gern und reichlich zu sich und krochen wurmartig munter herum.

Larven im Wasser.

Am 7. VII. 07 streiften zwei Tiere, von den bis dorthin am Leben gebliebenen sechs Exemplaren, die erste Häutung ab. Am folgenden Tage häuteten wieder drei. Ein Exemplar ging an diesem Tage zugrunde.

Der Regenerationsprozeß beschränkte sich bei allen gehäuteten Larven auf die Bildung der aus den früheren Versuchen bekannten Regenerationsknospe.

Am 16. VII. 07 häutete eine Larve, tags darauf eine zweite zum zweitenmal. Das Larvenbein wurde auch jetzt nicht erzeugt, sondern die vorher angelegte Knospe hat an Umfang gewonnen, ohne eine Gliederung angenommen zu haben.

Kontrolllarven.

Larven im Wasser.

Von den 16 Larven blieben bis zum 8. VII. 07 nur vier am Leben, von denen drei an diesem Tage zum erstenmal ihre Haut abstreiften. Die vierte Larve legte erst am 11. VII. 07 die erste Larvenhaut ab.

Am 17. VII. 07 häuteten von den drei soeben genannten Larven zwei Exemplare, die dritte am 18. VII. 07 zum zweitenmal. Die vierte, die die erste Häutung so spät abwarf, ging am 19. VII. 07 ein.

Larven außerhalb des Wassers.

Fünf Larven starben in den ersten 2 Tagen nach der Aufstellung des Versuches. Die übrigen verendeten zwischen dem 7. VII. und 8. VII. 07 alle. Die Ursache des Todes dürfte auch hier in dem Unvermögen der Hautabstreifung liegen.

** Versuch unter zeitweiligem Entzug vom Wasser.

Nach diesem relativen Mißerfolg mit der Anpassung der Larven ans Land stellte ich, um die Häutungsnot zu umgehen, die weiteren Versuche in der Art auf, daß ich die operierten Larven die ersten 6 oder 7 Tage nach dem Auskriechen auf dem Lande aufzog und sie dann wieder, um die Häutung zu erleichtern, kurz vor der zu erwartenden Häutung ins Wasser setzte. So sinnreich dieser Einfall auch zu sein schien, konnte er doch nicht den erwünschten Erfolg herbeiführen; denn die nach dieser Methode behandelten Larven reagierten auf die Amputation der Beine in der bisher üblichen Weise.

Ich verwendete bei dem vorliegenden Versuche 44 Larven, die dem zweiten Kokon eines isolierten *Hydrophilus piceus*-Weibchens entstammten.

Der am 10. VII. 07 abgelegte Kokon wurde wieder am Tage der Ablage auf feuchten Boden gestellt, auf welchem am 18. VII. 07 die genannte Anzahl der Larven auskroch.

An 30 Lärchen dieses Kokons amputierte ich das linke Vorderbein, die übrigen benutzte ich als Kontrolltiere.

Die operierten Tiere stellte ich in zwei Partien unter ähnlichen Lebensbedingungen, wie ich es bei dem vorherigen Versuche tat, auf.

Die Kontrolltiere setzte ich zu dreien in kleinere Glasgefäße mit entsprechender Einrichtung.

Operierte Larven.

Am 23. VII. 07 überführte ich eine Partie, von der sich bis zu dieser Zeit 13 Exemplare am Leben erhielten, unter allmählicher Gewöhnung ins Wasser und setzte sie zu je dreien in kleine Glasgefäße mit Wasser und Grünalgen. Drei Tage nach der Übertragung fand in zwei Behältern die erste Häutung statt. Die gehäuteten Tiere zeigten auch hier jenen Grad des Regenerationsvermögens wie bei allen bisher aufgestellten Versuchen: der Regenerationsprozeß endigte mit der Bildung der charakteristischen Regenerationsknospe. Nach weiteren 2 Tagen häutete wiederum ein Exemplar, das den erlittenen

Defekt in ähnlicher Weise ausreparierte. Die übrigen Exemplare starben am 28. VII. 07 alle ab, ohne häuten zu können.

Die gehäuteten Tiere wurden, sobald sie ihre für dieses Stadium charakteristische drappe Pigmentierung am ganzen Körper erlangt hatten, was in relativ kurzer Zeit (innerhalb 2 bis 3 Stunden) geschieht — denn der größte Teil des Larvenkörpers verfärbt sich gewöhnlich schon unter der alten Haut —, wieder auf feuchten Grund zurückgebracht. Die Farbe der großen Wasserkäferlarven ist in jedem Entwicklungsstadium verschieden, ja sie wechselt sogar innerhalb ein und desselben Entwicklungszustandes. Zur Zeit des Auskriechens ist sie graubräunlich und wird bis zur ersten Häutung braun. Nach der ersten Häutung legt die Larve ein mannigfach, schön regelmäßig gezeichnetes Drappkleid an, das vor der zweiten Häutung stark verblaßt und später (nach der zweiten Häutung) einem anfänglich grauschwarzen, später schwarzem Pigment Platz macht. Gegen Ende der Wachstumsperiode der Larve verfärbt sie sich wieder braun.

Der Ausfärbungsprozeß beschränkt sich an der gehäuteten Larve nahezu ausschließlich auf den Kopf mit seinen Anhängen und auf die Rückenschilder der drei Thoracalsegmente mit ihren Extremitäten, während die übrige Körperhaut oft schon früher unter der alten Haut ihre Pigmentierung erfährt. Ich hatte wiederholt Gelegenheit, die Häutung von *Hydrophilus*-Larven in verschiedenen Entwicklungszuständen zu beobachten, aber relativ selten glückte es mir, Exemplare anzutreffen, die im Momente der Abstreifung der Haut noch vollständig weiß erschienen.

Der Verlauf des Ausfärbungsprozesses ist bei der Larve ein im Vergleich zum Käfer wesentlich anderer. Beim Käfer beginnt derselbe mit der Ausfärbung des Kopfes und der Extremitäten, hier verfärbt sich zuerst (schon vor Abstreifen der betreffenden Häutung) der übrige Körper und erst dann die stark auschitinisierten Körperteile. Genauer werde ich auf diese Vorgänge und die Ursachen der verschiedenen Reihenfolge in der Ausfärbung der einzelnen Körperteile am Käfer und an der Larve in einer besonderen Arbeit eingehen.

Am 3. VIII. 07 wurden die überlebenden drei Larven wieder langsam an das Wasserleben gewöhnt. Nach 5 Tagen erfolgte bei einer Larve die zweite Häutung, 2 Tage darauf häutete das zweite Exemplar. Der Regenerationsprozeß blieb auch hier bei der Bildung der Regenerationsknospe stehen. Das letzte Exemplar ging am selben Tage zugrunde.

Da eine Hoffnung auf Ersatz eines amputierten Larvenbeines mit der erreichten zweiten Häutung verschwand, brach ich den Versuch ab; denn bei einer so konstanten Anzahl der Häutungen, wie sie bei den *Hydrophilus*-Larven zutrifft, war auf die Einschaltung einer Häutung kaum zu rechnen.

Kontrolllarven.

Die vom Kokon übrig gebliebenen zwölf Larven brachte ich zu gleichen Teilen auf feuchtem Grund und im Wasser unter.

Die ans Land anzupassenden Larven wurden alle zusammen in einen Behälter gesetzt, die Wassertiere dagegen verteilte ich auf zwei Glasgefäße.

Larven am Land.

Drei Larven, die mir von diesem Versuch noch erhalten blieben, übersetzte ich zur selben Zeit wie die operierten Tiere von gleicher Unterbringungsart ins Wasser. Schon 2 Tage nach der Übertragung verlor ich zwei Exemplare durch den Tod. Das letzte häutete am 28. VII. 07 zum erstenmal. Nach der Ausfärbung wurde es wieder auf feuchtem Grund gesetzt, wo es nach 3 Tagen zugrunde ging.

Larven im Wasser.

In beiden Glasgefäßen blieb bis zum 27. VII. 07 je ein Exemplar am Leben. Beide warfen an diesem Tage die erste Häutung ab. Am 4. VIII. 07 häutete die eine, am 5. VIII. 07 die andre abermals.

*** Versuch unter hoher Temperatur und auch sonst sehr günstigen Lebensbedingungen.

In den beiden großen Bassinsteintrögen unsrer Pflanzenhäuser fand besonders heuer eine reichliche Vermehrung der Wasserschnecken statt. Ich benutzte die Gelegenheit und brachte in den beiden Steintrögen meine *Hydrophilus*-Larven unter, was mir um so lieber gestattet wurde, als das Überhandnehmen solcher Gäste, wie die gefräßigen Schnecken es sind, den Herren Botanikern nicht allzu große Freude bereitet.

Den Steintrog im Kalthaus benutzte ich für meine Anpassungsversuche der Larven an eisenoxydreiches Wasser, den entsprechenden Trog im Warmhaus, wo durchschnittlich eine konstante Temperatur von 28 Grad herrscht, für den zu schildernden Regenerationsversuch.

Am 30. V. 07 legte ein isoliertes *Hydrophilus piceus*-Weibchen den ersten Kokon ab, der am 8. VI. 07 56 Lärchen brachte. An

30 Larven amputierte ich das linke Vorderbein an verschiedenen Stellen und brachte sie mit den zehn normalen Larven in dem erwähnten Steintrog unter.

Täglich wurden die Tiere besichtigt und die infolge der unermüdlichen Verfolgung seitens der Larven aus dem Wasser geflüchteten Schnecken, die hauptsächlich aus *Physa fontinalis* bestanden, von den innern Wänden der Steintröge mit der Hand wieder ins Wasser gestreift.

Es ist geradezu erstaunlich, wie rasch die Schnecken ihren furchtbaren Feind erkannt haben. Kaum einige Stunden nach der Bevölkerung dieses Steintroges mit *Hydrophilus*-Larven saßen die bis dorthin ruhig und sorglos dahinlebenden Schnecken bald zerstreut, bald in größeren Gruppen beisammen an den inneren Wänden in einer größeren Entfernung vom Wasserspiegel und blieben dort fest haften. Versuchsweise ließ ich einst eine kleinere Partie dieser Schnecken ruhig an den Wänden sitzen und sah nach einigen Tagen, daß dieselben den Tod durch Austrocknung vorzogen, als der Kieferzange des gefräßigen Verfolgers anheim zu fallen.

Sobald der Schneckenvorrat zur Neige ging, sammelte ich täglich eine größere Anzahl von solchen Schnecken in großen Süßwasserfischbecken, indem ich größere Holzstücke, an denen sich die Schnecken haufenweise sammeln, auf die Wasseroberfläche legte. Sobald ihnen eine beträchtliche Anzahl von Schnecken anhaftete, streifte ich sie in ein mit Wasser gefülltes Gefäß ab und warf sie den Larven als Futter vor.

Eine Kontrolle der Häutungen war trotz des großen Umfangs und reichlicher Besetzung mit Pflanzen leicht durchzuführen, da die Larven zur Häutungszeit sich stets in der Nähe des Wasserspiegels hielten, und die abgestreiften Häute entweder an der Wasseroberfläche schwimmend oder nicht tief davon im Algengeflecht zu finden waren.

Am 13. VI. 07 sah ich in dem erwähnten Becken die erste Häutung an der Wasseroberfläche liegen. In unmittelbarer Nähe traf ich in einem Algendickicht versteckt eine Larve, die bis auf den Kopf, dessen Anhänge und Extremitäten schon die typische Färbung des zweiten Stadiums angenommen hatte und keine Operationsspuren an den Beinen aufwies. Auch die daraufhin untersuchte Häutung ließ an den Beinen nicht den geringsten Defekt erkennen. Es war daher eine von den normalen Larven, die den operierten Larven im Wachstum voraneilte.

Dies ist der einzige von mir beobachtete Fall, wo einmal die normale Larve die erste Häutung früher abgeworfen hatte als die operierte.

Ich isolierte das Tier und brachte es in einer größeren Glaswanne mit reichlicher Algenvegetation und großem Vorrat von Schnecken unter.

Am 28. VI. 07 häutete diese normale Larve abermals, diesmal bereits in einem späteren Termin als die operierten Larven, deren Häutungstempo sogleich angegeben wird.

Die erwähnte normale Larve konservierte ich noch in unvollständig ausgefärbtem Zustande, da sie für den Versuch weiter keinen Wert mehr hatte.

Von den operierten Larven häuteten am 14. VI. 07 drei. Ich unterzog die drei gefundenen Häutungen einer Untersuchung und fand, daß der einen das linke Vorderbein von dem ersten Drittel der Tibia an, der zweiten von der Femur und der dritten von dem ersten Drittel (Taf. VIII Fig. 45a) der Femur an fehlte. Ich suchte dann nach den gehäuteten Larven und fand drei, denen die Vorderbeine von jenen Regionen an, wie an den vorher erwähnten Häutungen, mangelten. Bei allen schloß der Regenerationsprozeß mit jener typischen Regenerationsknospe, der ich bisher bei allen Versuchen in diesem Stadium begegnet war.

Die Larven ließ ich unter den beschriebenen Lebensbedingungen weiter leben und wartete die zweite Häutung (die letzte Häutung, aus der noch eine Larvenform hervorzugehen pflegt) ab.

Zwischen dem 21. und 22. VI. 07 fand in dem betreffenden Steintrog die zweite Häutung statt. Die Untersuchung der gehäuteten Larven ergab, daß der Regenerationsprozeß seit der ersten Häutung keine größeren Fortschritte gemacht hatte. Die operierten Beinchen sind nicht wieder aufgetreten, sondern die angelegte Regenerationsknospe hat sich vergrößert und dieselbe Gestalt beibehalten (Taf. VIII Fig. 45b).

Am 25. VI. 07 traf ich noch eine Larve, die ich bisher übersehen hatte. Sie hatte zu dieser Zeit bereits die zweite Häutung durchgemacht und zeigte an der Stelle des abgeschnittenen linken Vorderbeines eine chitinöse, kegelförmige Regenerationsknospe.

Alle vier Larven brachte ich nach einigen Tagen isoliert in größere Glaswannen, die ich vorher mit einer Wasser- und Landanlage in der bisher üblichen Weise eingerichtet hatte, unter und stellte die Behälter in einen großen Raum, wo die gewöhnliche Sommertemperatur (20 bis 25 Grad) herrschte.

Am 12. VII. 07 begaben sich drei Larven in die Erde, um sich zu verpuppen.

Am 26. VII. 07 erreichte jene Larve, der das Bein im ersten Drittel der Femur abgetrennt worden war, das Puppenstadium. Beide Vorderbeine sind bei der Puppe gleich groß geworden (Taf. VIII Fig. 45 c).

Am 7. VIII. 07 entwickelte sich der Käfer, der die Vorderbeine auch jetzt gleich groß ausgebildet besaß. Merkwürdigerweise besitzt aber derselbe Käfer die Femur des linken Mittelbeines wesentlich verkleinert, während die übrigen Teile des betreffenden Beines der normalen Größe entsprechen. Ich untersuchte beide Larvenhäutungen, jedoch keine zeigt die geringste Beschädigung des entsprechenden Mittelbeines.

Erwähnenswert ist eine weitere Erscheinung, die ich an diesem Käfer beobachtete. Eines Tages, als ich die Entwicklung der Puppe kontrollierte, stach ich ganz unabsichtlich mit der Pinzette ungefähr in die Mitte des linken Vorderflügels. Nach den bisherigen Befunden über die Flügelregeneration bei Käfern erwartete ich, die Puppe werde eine so geringfügige Verletzung mit Leichtigkeit ausreparieren. Dies war aber keineswegs der Fall. Der entwickelte Käfer zeigt noch bis zum heutigen Tage (13. VIII. 07) den der Puppe beigebrachten Defekt in der Form eines kleinen runden und eines größeren länglichen Loches, obwohl er schon nahezu seine definitive Färbung erlangt hat.

Da HOPE (1846) noch beim Imago eines Schwimmkäfers (*Colymbetes*) Reparation durchlochter Elytren erhalten hatte, so müßten erst weitere Versuche ergeben, ob dieses Unvermögen auf die Käfergattung oder auf irgend einen sekundären Faktor zurückgeführt werden soll.

Die Larve, der das linke Vorderbein im ersten Drittel der Tibia nach dem Auskriechen entfernt worden war, bereitete sich am 27. VII. 07 zur Verpuppung vor. Dies erkannte ich an der ungemein großen Verkürzung und Verbreiterung des Körpers, sowie an dem unruhigen Hinundherwerfen der Larve. Um zu sehen, ob durch einen starken Eingriff die Häutung in diesem Stadium verzögert oder beschleunigt und in welcher Weise die Regeneration vor sich gehen wird, amputierte ich an der gerade in Verpuppung sich befindenden Larve das rechte Vorderbein in dem zweiten Drittel der Tibia und das rechte Hinterbein ganz am Grunde. Der Blutverlust war bei der letzteren Operationsart ein so großer, daß ich fürchtete, die Larve

werde sich verbluten. Ich legte sie nach der Operation in Baumwolle eingehüllt in den Bau zurück. Am zweiten Tage nach der Operation entfernte ich die Baumwolle. An beiden operierten Beinen entstand ein großer Wundschorf. Am 29. VII. 07 kam die Larve zur Verpuppung und es gelang ihr, die Larvenhaut glücklich abzustreifen. Das linke Vorderbein ist vollständig normal entwickelt und hat jene Dimensionen erreicht, wie an den Puppen gleicher Größe. Das rechte Vorderbein, das während der Verpuppung entfernt wurde, trägt am Distalende der Femur einen großen Wundschorf. — Das rechte Hinterbein, das ebenfalls in diesem Stadium ganz am Grunde amputiert wurde, zeigt an der Einlenkungsstelle der Femur einen großen schwarzen Wundschorf. Die Puppe war im Momente der Häutung sichtlich gesund, nahm aber nach 2 Tagen eine dunkle Färbung am ganzen Körper an, was mich auf eine Infektion schließen ließ, und ich konservierte die Puppe deshalb am 2. VIII. 07, um sie vor Zerfall zu bewahren.

Die dritte Larve, der das linke Vorderbein von der Femur an seit dem Auskriechen fehlte, wurde ebenfalls im Verpuppungsstadium operiert. Ich schnitt ihr das rechte Vorderbein am Grunde aus. Am 31. VII. 07 starb sie noch als Larve ab.

Die letzte Larve, die ich nachträglich im Steintrog des Warmhauses vorfand, starb am 1. VIII. 07, ohne bis dorthin zur Verpuppung geschritten zu sein.

**** Versuch (im Freien) unter schwankenden Temperaturverhältnissen.

Der vorliegende Versuch bezweckte, die kurzen Zeiträume zwischen den ersten zwei Häutungen der Larven zu verlängern und so den operierten Tieren jenen Zeitraum zu bieten, innerhalb welcher die Regeneration eines Larvenbeines, nach andern Käferarten zu urteilen, für möglich gehalten werden konnte.

Ich hoffte diese Verzögerung in der Entwicklung der operierten Larven durch Unterbringung derselben unter schwankenden Temperaturverhältnissen — im Freien — erzielen zu können und ließ jene Larven etwa eine Stunde nach der Operation in einen der großen Freilandbassins unsrer Anstalt aus, wo durch den üppigen Pflanzenwuchs, besonders durch alljährlich außerordentlich reiche Vermehrung der Fadenalgen einer Unzahl von Limnaeen die Existenz gesichert wird und somit auch meinen Versuchslarven der günstigste Boden für ihre Fortentwicklung geboten wurde; obwohl es in den betreffenden

Bassins an Amphibien und verschiedenen Insekten, wie Wasserwanzen und Libellenlarven, die zu den ärgsten Feinden der Wasserkäferlarven gezählt werden können, nicht mangelte, hoffte ich doch an einem Teil der Larven den zu beobachtenden Prozeß bis zu Ende verfolgen zu können.

Am meisten Bedenken für das Fortkommen meiner Versuchslarven erweckte in mir das Auftreten von behenden Rückenschwimmern (*Notonecta*), die ihre Angriffe auf diese Larven in besonders ungünstiger Weise bewerkstelligen; denn sie überfallen sie an der Bauchseite und zapfen ihnen mittels ihres Saugrüssels das Blut ab. Die Larven der großen Wasserkäfer stehen solchen Feinden machtlos gegenüber, da sie ihre Gegenangriffe wegen ihres für Schneckenfang streng angepaßten Kopfes samt Mundwerkzeugen nur dorsalwärts ausführen können und mehr durch List als Gewalt ihr Dasein durchkämpfen müssen. Als wichtigstes und seit längerem bekanntes Schutzmittel jener Larven ist das Vermögen, sich auf Berührung tot zu stellen und die Form eines leeren, zusammengefallenen Sackes anzunehmen, hervorzuheben, welcher Zustand des Körpers durch eine vollständige Erschlaffung des starken Hautmuskelschlauches erzielt wird. Dazu kommt noch die von mir seit einigen Jahren näher beobachtete eigentümliche Lebensgewohnheit der Larven, daß sie sich, sobald sie ihren Magen prall gefüllt haben, entweder in den Schlamm oder unter die Blätter, sehr oft in leere Schneckengehäuse oder in hohle Schilfstengel verkriechen.

Am 27. VII. 07 operierte ich 54 Larven, die dem zweiten Kokon eines registrierten Pärchens entschlüpften. Da es sich mir bei diesem Versuch lediglich um die Feststellung der Regeneration oder Nichtregeneration der Larvenbeine handelte, stellte ich jenem keinen eigentlichen Kontrollversuch zur Seite, sondern führte an allen Larven des Kokons die verschiedensten Operationen aus.

Zehn Larven durchtrennte ich das rechte Vorderbein ganz am Grunde samt der umgebenden Körperhaut. Fünfen entfernte ich das rechte Vorderbein nahe am Grunde und zugleich das linke Vorderbein etwa in dem ersten Drittel der Femur. 20 Larven amputierte ich das rechte Vorderbein und rechte Mittelbein in verschiedenen Regionen; fünf Exemplaren schnitt ich beide im ersten Drittel der Femur, fünfen das rechte Vorder- ganz am Grunde und das rechte Mittelbein nahe am Grunde, fünfzehn entfernte ich beide Beine und fünfen das rechte Vorderbein nahe am Grunde mit gleichzeitiger Amputation des rechten Mittelbeines ganz am Grunde. Fünf Larven

exstirpierte ich das rechte Hinterbein mit gleichzeitiger Entfernung des rechten Mittelbeines nahe an der Basis. An 14 Lärven entfernte ich alle drei Beine der rechten Körperseite nahe am Grunde.

Von der letzten Operationsart waren vier Exemplare schwach, und ich schloß sie daher aus dem Versuche aus. Die übrigen 50 operierten Larven ließ ich in das Bassin an vier verschiedenen Stellen frei; diese Maßregel deshalb, weil bei gar zu massenhafter Ansammlung der Larven an einer Stelle diese sich gegenseitig gefährden und auch von fremden, vorhin namhaft gemachten Feinden mehr gefährdet werden. Die Unterbringung nahm ich gegen Mittag vor, zu welcher Tageszeit das Wasser annäherungsweise die gleiche Temperatur besaß wie das, in dem sich die Tiere vorher befanden. Ich verblieb eine kurze Weile an dem Bassin und beobachtete das Benehmen der Larven in dem neuen Heim. Bald sah ich eine von den soeben ausgelassenen Larven, wie sie eine kleine Schnecke mit den Mandibeln an der Gehäusespitze festhielt und mit ihrem Leckerbissen unter anstrengenden, ruckweisen Bewegungen, welche die Larve durch zeitweiliges Zurückschlagen des Schwanzendes bewerkstelligt, die Oberfläche des Wassers zu erreichen versuchte, um bei gleichzeitigem Schöpfen der Luft mittels der an der Abdominalspitze gelegenen Tracheenöffnungen ihre schwer errungene Beute zu verzehren.

Wiederholt besuchte ich nachher das Bassin, aber es glückte mir längere Zeit nicht, einer Larve ansichtig zu werden.

Am 12. VII. 07 wusch einer unsrer Diener die für *Hydrophilus*-Käfer bestimmten Algen, die er sich aus dem betreffenden Bassin geholt hatte, und sah, daß er inmitten eines großen Klumpens von Algen eine schwarze *Hydrophilus*-Larve hielt. Sie hatte kurz vorher ihre zweite Häutung abgelegt, was man leicht sehen konnte, da ihre chitinen Kopfteile noch ganz weich waren. Die Operationsspuren waren an dem rechten Hinterbein und dem rechten Mittelbein deutlich zu erkennen. Ich brachte sie in einer größeren Glaswanne unter und zog sie von nun an im Zimmer weiter.

Gegen Ende Juli 1907 bekam ich elf Larven aus dem Versuchsbassin, die bereits ihre volle Größe zur Verpuppung erreicht hatten und sich am Rande des Bassins befanden. Sie bemühten sich vergebens, aus dem Bassin zu gelangen, da die kreisrunde Umrandung aus Zement hergestellt und die innere Wand ziemlich glatt ist, steil abfällt und dazu noch ringsherum an der Innenseite ein vorgreifendes Gesims trägt, so daß ihnen die Überwindung einer solchen Wehr mit ihren Schwimmfüßen nicht gelingen konnte. Ich brachte alle isoliert

in kleineren Glaswannen unter, wo ich ihnen mit der Errichtung einer Landanlage die Gelegenheit zur Verpuppung bot. Nach wenigen Tagen waren alle in ihren Puppenwiegen anzutreffen.

Ich untersuchte die erhaltenen Larven auf ihre Verletzungen hin, die sie zur Zeit der Versuchsaufstellung erlitten hatten, und fand unter ihnen folgende Operationsarten vertreten.

1. Rechtes Vorderbein ganz am Grunde entfernt.

Von dieser Operationsart besitze ich vier Exemplare (a, b, c, d).

Larve a: Diese wurde am 11. VIII. 07 zur weiblichen Puppe. Das rechte Vorderbein ist an der Puppe nicht erschienen. Die Larvenhaut zeigt an der Amputationsstelle ein kleines rundliches chitinisiertes Deckelchen.

Am 26. VIII. 07 verwandelte sich die Puppe zum Käfer, der an der operierten Stelle eine Verkümmierung des rechten Vorderbeines zeigt (Taf. VIII Fig. 46 a α). Das regenerierte Gebilde besteht aus der normal ausgebildeten Coxa und Trochanter, während alle übrigen Teile des Beines durch einen kurz abgerundeten Stummel vertreten sind. Dieses eigentümliche Regenerat hat bereits jenen licht kastanienbraunen Ton erhalten, wie das gegenüberliegende Bein. Dieser Ausnahmefall, daß nach der vollständigen Entfernung eines Larvenbeines an so jungen Larven die Ausbildung des Beinchen in der Puppe unterblieben ist, hat mich um so mehr in Erstaunen gesetzt, als ich bisher sowohl an andern Käferarten als auch an *Periplaneta*¹⁾ eine Regeneration nach Exstirpation des Beines an jungen Larven erlangt hatte.

Larve b: Die Larve verwandelte sich am 13. VIII. 07 zur männlichen Puppe. Der Tarsus des rechten Vorderbeines ist kleiner als der des normalen Gegenbeines. Die Verkleinerung ist besonders deutlich an der wieder aufgetretenen Verbreiterung zu erkennen. Ihre Larvenhaut trägt ein etwas erhabenes, chitinisiertes Deckelchen an der Amputationsstelle. Die Puppe wurde am 15. VIII. 1907 konserviert.

Larve c: Dieses Exemplar erreichte am 12. VIII. 07 das Puppenstadium. Der Tarsus des rechten Vorderbeines ist bedeutend kürzer und bis auf das Klauenglied dicker als der des normalen Beines der Gegenseite (Taf. VIII Fig. 46 a β).

Larve d: Der Larve wurde am 11. VIII. 07, zu welcher Zeit sie noch als Larve im Puppenbau lag, das linke Hinterbein an der Außen-

¹⁾ Die diesbezüglichen Resultate werden in einer späteren Arbeit über die Regeneration der Phasmoden und Blattiden zur Veröffentlichung gelangen.

seite in der Nähe der Coxa neuerdings eingeschnitten und nach innen zu abgeknickt. Das Tier ging jedoch bald ein.

2. Rechtes Vorderbein und rechtes Mittelbein an verschiedenen Stellen entfernt.

Diese Operationsart ist durch vier Exemplare (a_1 , b_1 , c_1 , d_1) vertreten.

Larve a_1 : Die Larve zeigte am 14. VIII. 07, noch als Larve im Puppenlager liegend, an den amputierten Stellen zwei kleine chitinöse, kegelförmige Gebilde. Wie die Regenerate zeigen, wurden der Larve beide Beine im ersten Drittel der Femur durchgetrennt. Am 11. VIII. 07 wurde ihr das linke Vorderbein und linke Mittelbein bis auf die Femur entfernt.

Dieses Belegexemplar wurde mir am 25. VIII. 07 noch als Larve von einer Maus aufgezehrt.

Larve b_1 : Die Larve wurde am 12. VIII. 07 zu einer weiblichen Puppe. Die abgeworfene letzte Larvenhaut läßt an der Stelle des rechten Vorderbeines ein kleines chitinisiertes etwas ausgewölbttes Deckelchen, an Stelle des amputierten Mittelbeines einen kegelförmigen chitinösen Stummel erkennen. Die aus der Larve entwickelte Puppe besitzt das rechte Vorderbein kaum merklich verkleinert, das rechte Mittelbein ist aber normgroß. Die Puppe wurde am 15. VIII. 07 konserviert.

Larve c_1 : Diese Larve verwandelte sich am 13. VIII. 07 zur Puppe. Sie besitzt an dem rechten Vorderbein den Tarsus kaum kenntlich schwächer als das normale linke Vorderbein. Das rechte Mittelbein hat die Größe des normalen Gegenbeines erreicht. Die betreffende Larvenhaut trägt an der Stelle des rechten Vorderbeines eine kleine chitinöse Erhabenheit, das rechte Mittelbein aber an der entsprechenden Stelle einen kurzen konischen, chitinösen Stummel. Die Puppe wurde am 24. VIII. 07 konserviert.

Larve d_1 : Die Larve besitzt an Stelle der operierten Beine kleine chitinöse Erhebungen. Am 11. VIII. 07 wurde ihr das linke Hinterbein ganz am Grunde abgenommen. Am 15. VIII. 07 ging sie als Larve zugrunde.

3. Rechtes Vorderbein und linkes Vorderbein entfernt.

Unter den aufgefundenen Exemplaren befand sich von dieser Operationsart nur ein Exemplar (a_2). Dieses läßt an der Stelle des rechten Vorderbeines eine kleine konische Erhebung, am linken Vorderbein einen größeren chitinösen Kegel erkennen. Die Larve wurde am 15. VIII. 07 tot konserviert.

4. Rechtes Vorderbein nahe am Grunde entfernt, rechtes Mittelbein exstirpiert.

Ein Exemplar (a_3) ist in meinem Besitze. Es zeigt an der operierten Stelle des rechten Vorderbeines eine kleine chitinöse Erhabenheit, an Stelle des rechten Mittelbeines ein dünnes, weißes Häutchen. Eine Verpuppung ist bis jetzt (27. VIII. 07) noch nicht erfolgt.

5. Rechtes Mittelbein und rechtes Hinterbein am Grunde entfernt.

Diese Larve (a_1) wurde am 12. VI. 07 gefunden und von dort an weiter im Zimmer gezogen. Am 10. VIII. 07 verließ sie das Wasser und kam am 16. VIII. 07 zur Verpuppung. Das rechte Mittelbein und rechte Hinterbein sind im Vergleich zu den normalen Beinen um ein wenig kleiner. Der Taster der linken Maxille ist gegenüber dem rechten bedeutend kleiner. Die Puppenhaut zeigt an der operierten Stelle des rechten Mittelbeines eine kleine chitinöse Erhebung, an der des rechten Hinterbeines ist die Haut verblaßt, ohne Bildung eines Stumpfes oder sonstiger chitinöser Gebilde. Die dem verkleinerten Taster zugehörige Larvenmaxille ist an der Larvenhaut vollkommen normal. Daraus geht hervor, daß sie nicht etwa durch einen unbeabsichtigten Unfall verloren gegangen und dann regeneriert ist, und es wird sonach die Kleinheit des linken Maxillartasters an der Puppe als Kompensation zu deuten sein. Am 30. VIII. 07 erreichte sie das Imaginalsstadium (Taf. VIII Fig. 46 b). Der Käfer wurde am selben Tage noch unausgefärbt in 5% Formol konserviert, in welcher Lösung er nachträglich unregelmäßig auspigmentierte und daher gefleckt wurde.

6. Alle drei Beine der rechten Körperseite entfernt.

Davon besitze ich ebenfalls nur ein Tier (a_5). Es ist am 11. VIII. 07 bei der Verpuppung verunglückt. An Stelle der operierten Larvenbeine sieht man kleine chitinöse Erhebungen, die am rechten Hinterbein einen größeren Umfang angenommen haben, was auf eine etwas zu geringe Abtragung des Beines bei der Operation, nicht auf stärkeren Grad der Regeneration, schließen läßt. Die in der Larvenhaut stecken gebliebene Puppe wurde künstlich gehäutet. Die Beine waren ziemlich verkrüppelt, so daß sich nicht mit Sicherheit behaupten läßt, daß die Beine der operierten Körperseite nach ihrer Wiedererzeugung kleiner ausgefallen sind als die der Gegenseite. In der Tat sind die Tarsen der ersteren (operierten) Körperseite am Objekt bedeutend kleiner, jedoch können sie gelegentlich der schweren Verpuppung durch Druck an der Entfaltung gehindert worden sein.

Obwohl dieser Versuch, wie aus seiner Darstellung hervorgeht, nicht zum erwünschten Ergebnis geführt hat, so hat er doch deutlich gezeigt, daß ganz jungen Larven beigebrachte tiefgreifende Verletzungen ihre Wirkung noch an der Puppe zum Ausdruck bringen. Der in Rede stehende Versuch konnte schon deshalb nicht sein Ziel, d. h. Regeneration schon an der Larve, erreichen, da die Zeiträume zwischen den ersten zwei Larvenhäutungen bei weitem nicht in jenem Grade prolongiert worden waren, als es für das Zustandekommen der Regeneration erforderlich sein dürfte. Es hat sich gegenüber den in inneren Räumen gezüchteten Larven eine Verzögerung der Häutungen auf 3 bis 4 Tage eingestellt, was aber kaum ausschlaggebend sein kann.

**Zusammenfassung der Ergebnisse über Beinregeneration
bei *Hydrophilus piceus*.**

- 1) Die an Larven amputierten und exstirpierten Beine ersetzen sich an Larven nicht, mögen sie selbst an den jüngsten Stadien operiert worden sein; Regeneration tritt erst an Puppe und Käfer ein.
- 2) Längsteilung des Coxalstumpfes und gesondertes Wachstum beider Stumpfteile ergab eine Doppelbildung.
- 3) Der verletzte Puppenflügel wurde am Käfer nicht ausrepariert.

10. *Cybister Roeseli* Fuessly.

(Taf. VIII Fig. 47 und 48.)

Beinregeneration.

(Versuchsaufstellung am 12. VIII. 05.)

Gegen Mitte August erhielt ich aus Steinriegel (Nieder-Österreich) mehrere ziemlich ausgewachsene und einige halbwüchsige Larven vom Gauklerschwimmkäfer (*Cybister Roeseli*). Ich amputierte 15 Exemplaren die linken Vorderbeine, um zu sehen, in welcher Gestalt hier die beim Männchen mit sekundären Geschlechtscharakteren ausgestatteten Vorderbeine restituiert werden. Die Amputation der Beine führte ich ausschließlich an der Basis durch.

Die operierten Tiere setzte ich nach der Operation je in ein größeres, im Inneren mit Glasur versehenes Tongefäß, dessen Boden ich mit Kies bedeckte, es auf einige Zentimeter hoch mit Wasser füllte und mit Wasserpflanzen besetzte. In der einen Ecke baute ich eine Landanlage, um den puppenreifen Larven die Möglichkeit zur Verpuppung zu bieten. Als Futter wurden ihnen kleine Fischchen und Kaulquappen gereicht, die sie stets gierig meuchlings überfielen und aussogen.

Vier Tage nach der Operation häutete die kleinste von ihnen. An der Amputationsstelle trat ein kleines, ursprünglich weißes und weiches, spätererhärtendes, knospenartiges Gebilde auf. Nach 20 Tagen häutete die Larve wieder. Die nach der ersten Häutung gebildete Regenerationsknospe erweiterte sich zwar, erhielt aber keine Gliederung (Taf. VIII Fig. 47). Nach einigen Tagen ging das Tier zugrunde. Auch bei *Cybister* scheint somit die Regeneration eines Beines an der Larve selbst nicht mehr, sondern erst an der Puppe erfolgen zu können. Da ich ganz junge Schwimmkäferlarven nicht operierte und mir die Anzahl der Häutungen dieser Larven unbekannt ist, will ich mein negatives Resultat nicht für endgültig genommen wissen. Denn immerhin könnte eine Regeneration noch an der Larve stattfinden, wenn die Häutungszahl größer ist als bei den Wasserkäfern und zwischen den einzelnen Häutungen längere Zeiträume verstreichen.

Am 17. IX. 05 bohrte sich eine Larve in die Erde, wo sie sich eine runde Höhlung als Puppenlager verfertigte. Ich traf sie nach 2 Tagen in der Mitte des Baues stark gegen die Bauchseite gekrümmt und auf dem Rücken ruhig liegend an.

Am 29. IX. 05 wurde sie zur Puppe, die das linke Vorderbein regeneriert und etwas verkleinert besaß. Die Verkleinerung ist hauptsächlich an Tibia und Tarsus zu bemerken. Die beiden Vorderbeine zeigen folgende Dimensionen:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	$2\frac{2}{3}$ mm	3 mm
Regenerat	$3\frac{1}{3}$ -	$2\frac{2}{3}$ -

Der Tarsus des Regenerats ist normalgliedrig (5).

Nebst diesem Regenerat zeigte die Puppe noch ein Regenerat am linken Mittelbein. Ich untersuchte die bei der Verpuppung abgeworfene Larvenhaut und sah, daß das dem Regenerat entsprechende Bein hier nur die Femur besitzt, die übrigen Bestandteile aber offenbar durch einen zufälligen (nicht beabsichtigten) Unfall verloren gegangen waren. Der Regenerationsprozeß erstreckt sich in diesem Falle auf den Tarsus (Taf. VIII Fig. 48). Die Mittelbeine der Puppe besitzen folgendes Größenverhältnis:

	Tibia	Tarsus
Normales Bein	$3\frac{1}{3}$ mm	$4\frac{2}{3}$ mm
Regenerat	$3\frac{1}{3}$ -	$5\frac{1}{3}$ -

Der Tarsus besitzt die normale Anzahl der Glieder (5).

Diese Puppe war die einzige, die mir von dem vorliegenden Versuch übrig blieb, und auch sie war weiblichen Geschlechts, so daß damit eigentlich meinem Wunsch, das regenerierte Beinchen eines männlichen Tieres zu sehen, die Erfüllung versagt blieb.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Regeneration bei *Cybister*.

1) Das an Larven von *Cybister Roeseli*, die sich vor der letzten Larvenhäutung befanden und noch längere Zeit bis zur Verpuppung brauchen, entfernte Vorderbein regeneriert an der Larve nicht vollständig, sondern der Regenerationsprozeß bleibt bei der Bildung der Regenerationsknospe stehen.

2) Erst die Puppe zeigt das Bein regeneriert.

11. *Dytiscus marginalis* L.

(Taf. VIII Fig. 49 bis Fig. 51 a b.)

Beinregeneration.

Mehr Erfolg hatte ich mit der Operation der *Dytiscus*-Larven, obwohl ich hier, bevor ich zu einem Ergebnis gelangte, zwei Versuchsreihen aufstellen mußte.

Erste Versuchsserie.

Ich fing am 30. VII. 05 in der Umgebung von Klosterneuburg (Nieder-Osterreich) sechs im Wachstum ziemlich vorgeschrittene Larven und entfernte ihnen die Vorderbeine. Vieren entfernte ich das rechte Vorderbein, zweien beide Vorderbeine an der Basis. Die Larven wurden in ähnlicher Weise untergebracht wie die *Cybister*-Larven und genossen eine ähnliche Pflege.

Von den operierten Tieren blieben zwei am Leben. Eine Larve, der das rechte Vorderbein fehlte, begab sich bereits 3 Tage nach der Operation in die Erde und verfertigte sich einen runden Bau, welcher der Puppenwiege der *Cybister*-Larve glich. Am 16. VIII. 05 wurde sie zur Puppe, die aber das rechte Vorderbein nicht entwickelt besaß. Am 29. VIII. 05 entstand daraus der männliche Käfer, der ebenfalls des rechten Vorderbeines entbehrte (Taf. VIII Fig. 51 a b). Anstatt des Vorderbeines erschien ein kugliges, etwa 3 mm langes Gebilde, das am Distalende einige Börstchen aufwies.

Die zweite Larve, der beide Beine amputiert worden waren, verließ am 25. VIII. 05 das Wasser und wurde am 10. IX. 05 als männliche Puppe vorgefunden, die in ihrem Puppenlager mit der Bauchseite dem Boden zugekehrt und mit den Abdominalspitzen in die Erde gebohrt der Metamorphose harzte.

Sie besaß beide Vorderbeine mit sekundärem Geschlechtscharakter regeneriert, jedoch in verkleinerter Gestalt (Taf. VIII Fig. 49). Die ersten drei Glieder, die beim normalen Tarsus zusammen eine breite Scheibe bilden, sind hier jedes für sich stärker abgerundet und dadurch deutlicher voneinander getrennt. Die Zahl der Tarsalglieder ist normal. Die Puppe wurde am 13. IX. 05 konserviert.

Zweite Versuchsserie.

Um eine genauere Differenzierung des regenerierten Vorderbeines beim Männchen des Gelbrandes (*Dytiscus marginalis*) näher studieren zu können, stellte ich am 11. VII. 06 eine neue Versuchsreihe auf. Ich bekam an diesem Tage sechs ziemlich ausgewachsene Larven aus der Lobau (Donauinsel bei Wien).

Allen sechs Exemplaren entfernte ich die linken Vorderbeine ganz am Grunde.

Am 18. VII. 06 vergrub sich eine Larve in die Erde und wurde am 26. VII. 06 zur Puppe. Sie brachte mit der Verpuppung ein sehr kleines, regeneriertes Vorderbeinchen an der linken Körperseite (Taf. VIII Fig. 50a b). Am 4. VIII. 06 wurde sie zum männlichen Imago, das ebenfalls ein stark verkleinertes Vorderbeinchen trägt. Die Verkleinerung bezieht sich auf alle Teile. Besonders interessant ist an diesem Regenerat die Art der Differenzierung. Vor allem fällt die Verminderung der Tarsalglieder auf. Anstatt fünf Gliedern, die den normalen Tarsus zusammensetzen, sind am Regenerat nur drei Glieder vorhanden, und zwar das letzte Tarsalglied und zwei verbreiterte Glieder, die sich an die Tibia angliedern. Das erste mit der Tibia verbundene Glied ist nur spärlich behaart und besitzt nur wenige Haftpapillen, das folgende Glied ist gleichfalls borstenarm und entbehrt der Haftpapillen. Am deutlichsten und zugleich am weitesten ist das Endglied mit den Klauen ausdifferenziert.

Das ganze Beinchen ist, trotzdem ich das Tier längere Zeit am Leben behielt, bis auf die Borsten und das Endglied ziemlich licht geblieben. Genaue bildliche Darstellung des Regenerats siehe Taf. VIII Fig. 50b. Das Größenverhältnis beider Vorderbeine ist folgendes:

	Femur	Tibia	Tarsus
Normales Bein	$6\frac{2}{3}$ mm	5 mm	6 mm
Regenerat	$5\frac{1}{2}$ -	3 -	3 -

Die zweite Larve ging am 26. VII. 06 in die Erde und wurde am 1. VIII. 06 zur männlichen Puppe. Sie besaß ebenfalls das rechte

Vorderbein verkleinert, dessen Tarsus aber die normale Anzahl der Glieder aufwies.

Zusammenfassung der Ergebnisse über Regeneration bei *Dytiscus*.

1) Die Vorderbeine, an den ausgewachsenen, aber längere Zeit vor der Verpuppung stehenden Larven von *Dytiscus marginalis* ersetzen sich in verkleinertem Zustande, aber vollständiger Gliederzahl an der Puppe.

2) Die Ausbildung der einzelnen Glieder ist eine von der Norm abweichende. Namentlich ist die Verbreiterung des männlichen Vorderbeines eine geringere, die Grenzen zwischen den Gliedern sind deutlicher als an der normalen Haftscheibe.

3) Werden dagegen ausgewachsenen Larven kurz vor der Verpuppung die Beine amputiert, so unterbleibt die Ausbildung einiger Tarsalglieder, und zwar wird das Endglied zuerst ausdifferenziert und, wie es scheint, auch zuerst angelegt, hierauf erfolgt die Abgliederung der Tarsalglieder vom Rumpf gegen die Spitze. In derselben Reihenfolge scheint auch die Differenzierung der Papillen und Borsten zu erfolgen.

III. Theoretische Bemerkungen.

Die experimentellen Ergebnisse sprechen vor allem dafür, daß die Regenerationsfähigkeit auch bei den Käfern, gleichwie bei jeder andern, diesbezüglich genauer untersuchten Tiergruppe, allgemein verbreitet ist. Meine Versuchstiere stammen aus sieben verschiedenen, zum Teil phyletisch stark divergierenden Familien; drei Familien davon, die Lamellicornier, Hydrophiliden und Dyticiden, sind sogar mit je mehreren Arten vertreten — und doch stieß ich nirgends auf Mangel an Regenerationsvermögen.

Aber es ist dieses Vermögen anderseits keineswegs überall in gleicher Höhe entwickelt. In Übereinstimmung mit der von einer namhaften Reihe von Forschern erkannten Erscheinung, daß die regenerativen Potenzen in verkehrter Proportion zur Differenzierungshöhe stehen, findet sich zunächst bei den phyletisch ältesten der von mir untersuchten Käferfamilien das relativ stärkste Vermögen, verlorene Körperteile zu ersetzen und umgekehrt. Ebenso regenerieren kompliziertere Organe einer und derselben Tierform schwerer als einfachere: dies geht aus dem von mir ermittelten Tatsachenmaterial am besten bei *Hydrophilus*-Larven hervor, welche die einfacher gebaute Mandibel noch im Larven-, das höher differen-

zierte Bein aber erst im Puppenstadium zu ersetzen vermögen, auch wenn es auf noch so frühem Larvenstadium verloren gegangen war. Umgekehrt regeneriert das kleine, primitiv gebaute Bein bei *Rhagium* viel leichter und schneller als die große Mandibel. Außer vom phylogenetischen Alter und Differenzierungszustand des Organs hängt die Regeneration noch invers proportional vom ontogenetischen Alter (TORNIER, 1901, und KAMMERER, 1905) und der Stärke des Eingriffs ab.

Die Unfähigkeit der Hydrophilidenlarve, als solche ein abgenommenes Bein zu regenerieren, stellt eine Stütze für PRZIBRAMS Wachstumstheorie der Regeneration (1905) dar, indem die konstante und geringe Anzahl von drei Häutungen, durch welche jene Larven bis zum Puppenstadium geführt werden, das Entstehen des Regenerats innerhalb der Larvenperiode nicht gestattet, und die Häutungen mit Wachstumserscheinungen parallel laufen.

Vorgang und Reihenfolge bei der Entstehung und Ausdifferenzierung regenerierender Coleopterenglieder erscheinen gegenüber der Asselantenne, an der ZELÉNY (1907) jene Erscheinungen genauer untersuchte, etwas modifiziert: dort beginnt nämlich die Gliederung an der Basis und schreitet centrifugal fort, die Ausdifferenzierung verläuft centripetal; hier wird zuerst das distalste (Klauen-) Glied angelegt und zugleich auch vollständig ausdifferenziert, hierauf entstehen die übrigen Glieder, deren Differenzierung centrifugal fortschreitet, d. h. zuerst wird das Grundglied mit seinen Anhängen (Borsten, Dornen) ausgestattet und dann erst der Reihe nach die weiter distal folgenden Glieder.

Schon die beiden Tatsachen: erstens »allgemeine Verbreitung« und zweitens »inverse Proportionalität zur Differenzierungshöhe« sind entscheidend dafür, daß die Regeneration nicht durch Selection und besondere Anpassung zustande gekommen sein, folglich auch dort nicht fehlen kann, wo geringe Verlustwahrscheinlichkeit eines Organs jene Anpassung hätte hindern müssen. Hierfür ist die Regeneration der rudimentären Beine der *Rhagium*-Larve ein schlagendes Beispiel. Diese Larven sind schon dadurch, daß sie in hartem Holze minieren, gut geschützt. Zum Überfluß haben ihre Extremitäten auch noch jede funktionelle Bedeutung verloren, da die Fortbewegung durch Contractionen des Hautmuskelschlauches unter nicht seltener Zuhilfenahme der Mandibel erfolgt. Und dennoch regenerieren die rudimentären Beinstummel der *Rhagium*-Larve! WEISMANN (1899) wird freilich, gleichwie er es MORGANS positiven Befunden an Paguridenbeinen gegenüber getan hat, einwenden, daß

diese und jene Träger rudimentärer Beine das Regenerationsvermögen derselben von den Vorfahren, bei welchen sie noch nicht rudimentär waren, ererbt haben können. Wir aber können uns nur an die Tatsache halten, daß eben rudimentäre Organe in nicht geringerem Grade als wohl ausgebildete des Wiederwachstums fähig sind und deshalb eine begründete Beziehung zwischen ihrer Wichtigkeit und Verletzbarkeit einerseits, Ersetzbarkeit anderseits sich nicht konstatieren läßt. Daß ferner keine lokalisierten Regenerationsdeterminanten vorhanden sind, die das neuerliche Wachstum eines verloren gegangenen Gliedes auslösen können, zeigen jene Fälle, wo ich die Extremitäten total exstirpierte, also samt der umgebenden Körperhaut aus dem Rumpfe herauslöste und dennoch Regenerate erhielt.

Ebenso wie gegen die Anpassungstheorie in der Regenerationslehre muß ich mich auch gegen die von KELLOGG vertretene Ansicht wenden, daß die Imaginalorgane der Insekten mit den Larvenorganen nichts zu tun haben, sondern aus eignen Anlagen, vollständig neuen Centren, den sogenannten Imaginalscheiben entstehen; Beschädigungen der Larvenextremitäten könnten also nur dann noch bei denen des Imago irgend eine Konsequenzerrscheinung zeigen, wenn sie an älteren Larven erfolgten und dann bereits zugleich die Imaginalscheiben betrafen. Im Gegensatz hierzu geht jedoch aus mehreren meiner Versuche hervor, daß auch Verletzungen, an ganz jungen Larven beigebracht, wenn sie nur tiefgreifend genug waren, am Imago in Form ausgesprochener Regenerativbildungen wahrzunehmen sind. So aus dem Versuche betreffend Regeneration der Beine an ganz jungen *Tenebrio*- und *Hydrophilus*-Larven, und aus dem in der Natur vorgefundenen Fall einer Abdominalverbildung bei einer jungen *Tenebrio*-Larve, die bis zur Metamorphose weiter beobachtet wurde und die analoge Verbildung an Puppe und Imago wiederholte. Außer meinen eignen widersprechen auch noch Befunde TORNIERs der Ansicht KELLOGGS. Obwohl TORNIER nicht immer ausdrücklich angibt, an welchen Stellen er die Extremitäten seiner Versuchstiere (*Tenebrio*-Larven) amputiert hat, lassen doch die Abbildungen auf Amputation durch Coxa oder Trochanter schließen. Und die aus solchen Larven hervorgegangenen Käfer zeigen deutlich, wie die charakteristische Verkleinerung der vorhandenen Extremitäten sich auf die amputiert gewesenen Teile erstreckt.

Unter den zahlreichen Regeneraten, welche in ihrer Gestaltung mehr oder weniger vom betreffenden Primärorgan abweichen und

entweder hypotypisch oder hypertypisch ausgebildet sind, ist es besonders dasjenige des letzten Segments bei *Tenebrio*-Larven, welches durch die terminale Verlagerung des Anus (wie bei niederen Insekten) die Deutung einer atavistischen Regeneration (mit Wiederholung einer phyletisch älteren Form) zwar nahe legt, jedoch eher mechanischen Ursprungs sein kann. Die Dreigliedrigkeit dieses selben Regenerats dürfte auf Wiederholung eines ontogenetischen Stadiums zurückzuführen sein, was sich indessen ohne genauere Kenntnis der Entwicklungsgeschichte jenes Segments, welches an der Larve einen ziemlich komplizierten Bau besitzt und möglicherweise aus mehreren ursprünglichen Segmenten verschmolzen ist, nicht entscheiden läßt. Eine Vermehrung der Segmente scheint nach der Amputation eines Teiles des letzten Segments, wie es aus der bildlichen Darstellung GODELMANNS hervorgeht, auch bei *Bacillus Rossii* vorzukommen.

Hingegen möchte ich die im Regenerat nach Amputation älterer Tiere vermindert erscheinende Anzahl der Tarsalglieder entschieden überall nur als Hemmungsbildung aufgefaßt wissen, da der regenerierte Tarsus keineswegs immer die gleiche, sondern im Gegenteil je nach der vorausgegangenen stärkeren oder schwächeren Verletzung geringere oder größere Anzahl der Glieder aufweist.

Unter den Begleiterscheinungen der Regeneration ist — außer mehreren Kompensationen, die schon im experimentellen Teil ausreichend berücksichtigt worden sind — namentlich die der partiellen Neotenie bemerkenswert. War nämlich eine Verletzung unter sehr starkem Substanzverlust erfolgt, welcher behufs Erhaltung des Lebens vor allem andern ausgeglichen werden mußte, so vollendeten schon in Verpuppung begriffene *Tenebrio*-, *Oryctes*- und *Hydrophilus*-Larven ihre Umwandlung ins Nymphenstadium nicht, sondern nahmen für eine Weile abermals das Larvenleben auf. Verletzungen als Ursache der Entwicklungshemmung hat auch KAMMERER (1905) bei Urodelenlarven beobachtet.

IV. Überblick der Befunde nach Körperteilen geordnet (gleichzeitig allgemeine Zusammenfassung).

a. Regeneration von Rumpfteilen.

1) Die Larven von *Tenebrio molitor* und *Lampyrus noctiluca* sind fähig, die abgeschnittenen letzten Abdominalsegmente wieder zu erzeugen.

2) Dem eigentlichen Regenerationsprozeß geht die Bildung eines großen, an der Luft sich schwarz verfärbenden Wundschorfes voraus, unter welchem sich bald ein dünnes Häutchen anlegt. Gleichzeitig kommt es infolge des starken Dranges der halbfesten Exeremente an einer Stelle zum Durchbruche des Wundschorfes, wodurch eine provisorische Afteröffnung zur Regelung des Stoffwechsels entsteht.

3) Eine annähernd ähnliche Form des entfernten Segments wird nicht gleich nach der ersten auf die Operation folgenden Häutung erlangt, sondern hierzu sind mindestens zwei Häutungen notwendig.

4) Die Regenerationsprodukte sind verschieden nach dem Alter des Tieres. So z. B. brachte eine jüngere Larve an der Amputationsstelle eine Bildung zustande, die anscheinend statt des einen verloren gegangenen Segments aus drei ungleichmäßig stark ausdifferenzierten Segmenten besteht. Das letzte Segment des Regenerats trägt die Fortschieber, zwischen welchen die Afteröffnung terminal, während sie an der normalen Larve ventral mündet. Mit Rücksicht auf die undeutliche Ausbildung der vorletzten zwei Segmente am Regenerat scheint es, daß bei der regenerativen Entstehung der Segmente jener Modus eingehalten wird, der uns in der Entwicklungsgeschichte entgegentritt, nämlich daß das letzte Segment gegenüber den vorangehenden in der Ausbildung vorseilt. Bei älteren Larven wird der Regenerationsprozeß verkürzt und beschränkt sich nur auf die Herstellung des letzten Segments und zwar in einer von der normalen ziemlich abweichenden Gestalt, was man sehen kann, obwohl an dem neuen Segment die charakteristischen Bildungen nicht deutlich zum Ausdrucke gelangen.

5) Während ich in Übereinstimmung mit den bisherigen Resultaten bei weniger gefährdenden Operationen an jüngeren Käferlarven, Phasmiden und Blattiden eine Beschleunigung der nach der Operation erfolgten Häutungen beobachtete, konnte ich nach der Entfernung des letzten Segments bei den Mehlkäferlarven, welchen Versuch ein Kontrollversuch begleitete, eine Verzögerung derselben feststellen.

b. Regeneration von Flügeln.

6) Die in der Anlage begriffenen Flügel werden nach Amputation an der Larve von *Tenebrio molitor* bei der Puppe und dem Käfer als Miniaturflügel ersetzt.

7) Die Größe des regenerierten Flügels ist invers proportional zu dem Alter des Tieres und der Stärke des Eingriffes.

8) Die Amputation der Hinterflügel der einen Körperseite hat eine Störung in der Entwicklung des Hinterbeines der nämlichen Flanke zur Folge. Und umgekehrt erfährt der Hinterflügel nach Exstirpation des Hinterbeines eine Reduction. Es besteht somit eine gesetzmäßige wechselseitige Beziehung zwischen den Beinen und Flügeln.

9) Ein an der Puppe verletzter Vorderflügel von *Hydrophilus piceus* wurde weder an jener noch später am Imago ausgebessert.

c. Regeneration von Mandibeln.

10) Die Mandibel der untersuchten Käferlarven (*Rhagium indagator*, *Hydrophilus piceus*, *Hydrophilus aterrimus*, *Hydrocharis caraboides*) ist regenerationsfähig.

11) Die Larven als solche vermögen die amputierten Mandibeln nicht in der ursprünglichen Gestalt zu ersetzen. Ihre Mandibelregenerate sind vereinfachte Formen der normalen Mandibeln, an welchen die Behöckerung unterbleibt.

12) Die Amputation der einen Mandibel kann die normale Mandibel in der Ausbildung wesentlich beeinflussen, so daß ein förmlicher Ausgleich der beiden Mandibeln zustande kommt (kompensatorische Regulation, beobachtet bei *Hydrocharis caraboides*).

13) An jüngeren Larven amputierte Mandibeln treten an der Puppe und am Vollkäfer in ungefähr normaler Größe und in der für die Art charakteristischen Gestalt auf, während sie, an älteren Larven operiert, in einer wesentlich abweichenden Form wieder erscheinen können (beobachtet an *Hydrophilus aterrimus*).

14) Trotz des relativ einfachen Baues besitzt die Mandibel ein ziemlich langsames Wachstum und entsprechend langsames Wiedewachstum, wofür der Grund in ihrer starren Konsistenz zu suchen wäre.

d. Regeneration von Beinen.

α. Regeneration an den Larven selbst.

15) Betreffs der Beine zeigen die Käferlarven ein recht verschiedenes Verhalten. Während die Larven der Landkäfer verschiedene Grade des Regenerationsvermögens aufweisen, sind die Wasserkäferlarven und vielleicht auch die Schwimmkäferlarven nicht in der Lage, Beine und Teile derselben, wenn sie ihnen auch in den jüngsten Entwicklungszuständen abgenommen werden, wieder zu bilden.

16) Von den Landkäferlarven besitzen die *Tenebrio*- und *Rhagium*-Larven entsprechend ihrer größeren Wachstumsgeschwindigkeit im

Vergleich zu den *Oryctes*-Larven ein viel größeres Regenerationsvermögen. Die ersteren zwei Arten sind in der Lage, schon innerhalb eines Monats das amputierte Beinchen als homomorphes Gebilde wieder zu bringen, die letzteren dagegen vermögen weder das Bein, noch einzelne Teile desselben in einer ähnlich vollkommenen Weise auszubilden, sollte selbst ein volles Jahr seit dem Verlust verstrichen sein.

β. Regeneration der amputierten Larvenbeine an Puppe und Vollkäfer.

17) Alle von mir untersuchten Arten sind in der Lage, an Larven amputierte Beine und Teile derselben an der Puppe und dem Käfer wieder zu erzeugen.

18) Die Art der Regenerationsprodukte ist hier wiederum invers proportional zum Alter der operierten Larve und zur Größe der zugefügten Verletzung.

19) Larven gleichen Stadiums erzeugen nach der Amputation der Beine am Grunde und nach ihrer Exstirpation verschieden große Regenerate. Bei beiden tritt, wenn die Zeit vor der Verpuppung eine längere ist, ein Miniaturbeinchen auf: dasjenige, welches nach der Exstirpation entstand, ist viel kleiner als jenes nach Amputation am Grunde.

20) Werden Larvenbeine kurz vor der Verpuppung am Grunde amputiert, so entsteht entweder ein Miniaturbeinchen mit proportionaler Ausbildung aller Teile oder, wenn die Amputation ganz knapp vor der Verpuppung geschah, ein kleines Beinchen mit Verminderung der Tarsalglieder und unvollständiger Ausdifferenzierung derselben. So können beispielsweise anstatt fünf Gliedern zwei (*Oryctes*-Larven) oder drei (*Tenebrio*, *Dytiscus*) oder vier (*Oryctes*) entstehen, von denen das letzte zuerst angelegt erscheint und allen andern in der Differenzierung vorangeht. Die Abgliederung der übrigen Glieder scheint von der Basis gegen die Spitze zu erfolgen und in derselben Reihenfolge geht die Differenzierung der einzelnen weiteren Glieder vor sich. Werden in solchen Stadien die Beine etwas weiter distalwärts abgenommen, so erstreckt sich die Verkleinerung auch nur auf die betreffenden distalsten Teile des Beines. Am deutlichsten ist aber die Verkleinerung noch am Tarsus zu bemerken.

21) An jüngeren Larven verursachte Defekte haben gewöhnlich eine anfängliche Beschleunigung der Häutungen zur Folge, welche nachträglich einigermaßen ausgeglichen wird. Infolge von Operationen an Larven, die vor der Verpuppung stehen, wird gewöhnlich die auf die Operation folgende Häutung, aus der die Puppe zum Vorschein

kommen soll, verzögert (besonders deutlich bei *Tenebrio*, Segmentregeneration; *Hydrophilus*, Beinamputation).

22) Von den Larven in welchem Stadium immer erlittene Verletzungen kehren, falls sie genug eingreifend waren, in ihren Folgeerscheinungen (verkleinerte Regenerativbildungen oder bloße Wundheilung) am Vollkäfer wieder.

23) Bei einem *Hydrophilus piceus*-Imago, dem im Larvenzustande nach der zweiten Häutung das linke Vorderbein am Grunde amputiert worden war, erzielte ich eine Doppelbildung dieses Beines. Aus der abgestreiften Haut geht hervor, daß der zurückgebliebene Stummel bei der Operation gespalten worden war und somit zwei getrennte Wundflächen, von denen aus je ein vollständiges Beinregenerat emporwuchs, erhalten hatte.

V. Literaturverzeichnis.

- BRINDLEY, H. H., On certain Characters of Reproduced Appendages in Arthropoda, part. in th. Blattidae. Proc. Zool. Soc. p. 924—958. Pl. LVIII. London, Dec. 13. 1898.
- GADEAU DE KERVILLE, H., Expériences tératogéniques sur différentes espèces d'insectes. Le Naturaliste. p. 115. 1890.
- GODELMANN, R., Beiträge zur Kenntnis von *Bacillus Rossii* Fabr. usw. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XII. S. 277—278. 1901.
- GRABER, V., Zur Entwicklungsgeschichte und Reproduktionsfähigkeit der Orthopteren. Sitzungsber. d. math.-naturw. Kl. d. Kais. Akad. Wiss. Bd. LV. I. Abt. 1867.
- HOPE, F. W., Entomol. Soc. Febr. 1840—May 1845. Ann. Mag. Nat. hist. XVIII. p. 353. 1846.
- KAMMERER, P., Die angeblichen Ausnahmen von der Regenerationsfähigkeit bei den Amphibien. Vortrag geh. in d. Morph.-Physiol. Gesellsch. zu Wien. Centralbl. f. Physiol. Bd. XIX. Heft 18. S. 684—687. 1905.
- Vererbung der erworbenen Eigenschaft habituellen Spätgebärens bei *Salamandra maculosa*. Centralbl. f. Physiol. Bd. XXI. Nr. 4. S. 99—102. 1907a.
- Regeneration des Dipterenflügels beim Imago. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XXV. Heft 1/2. 1907b.
- KELLOGG, V. L., Regeneration in Larval Legs of Silkworms. Journ. of Experimental Zoology. Vol. I. 1904.
- LEUNIS, JOH., Synopsis der Tierkunde. 3. Aufl. Bd. II. S. 117. § 905a. 1886.
- MORGAN, T. H., Regeneration and Liability to Injury. Zoolog. Bull. Vol. I. No. 6. Boston 1898.
- PERRIS, E., Histoire des Insectes du Pin Maritime. Annal. Soc. Ent. de France. 1852—62. Tom. I. Coleopteres. Paris 1863.
- PRZIBRAM, H., Die Regeneration bei den Crustaceen. Arbeiten d. Zoologischen Institute, Wien. Tom. XI. Heft 2. 4 Taf. S. 163—194. 1899.
- Quantitative Wachstumstheorie der Regeneration. Vortrag gehalten in der Morph.-Physiol. Ges. zu Wien. Centralbl. f. Physiol. Bd. XIX. Heft 18. S. 682—684. 1905.

- RATZBURG, J. TH. CH., Die Forstinsekten, oder Abbildung und Beschreibung der in den Wäldern Preußens und der Nachbarstaaten als schädlich oder nützlich bekannt gewordenen Insekten. I. Teil. Die Käfer. 1837.
- SCHROEDER, CHR., Über experimentell erzielte Instinktvariationen. Verhandl. d. Deutsch. Zoolog. Gesellschaft. S. 158—166. 1903.
- TORNIER, G., Bein- und Fühlerregeneration bei Käfern und ihre Begleiterscheinungen. Zool. Anz. Bd. XXIV. Nr. 655 v. 28. Okt. u. Nr. 656 v. 4. Nov. S. 634—664. 1901.
- VERHOEFF, C., Physiologische Notizen. Entom. Nachrichten. Bd. XVII. S. 125—128. Berlin 1891.
- Über Wundheilung bei Carabus. Zoolog. Anz. Bd. XIX. S. 72—74. 1896.
- WEISMANN, A., Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung. S. 124—179. Jena 1898.
- Tatsachen und Auslegungen in bezug auf Regeneration. Anat. Anzeiger. S. 3—31 d. Sep.-Abdr. Jena 1899.
- WEISS, O., Regeneration und Autotomie bei der Wasserspinne (*Argyroneta aquatica* Cl.). Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XXIII. Heft 4. S. 643—645. 1907.
- WERBER, J., Regeneration des exstirpierten Fühlers und Auges beim Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*). Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XIX. Heft 2. S. 259—260. 1905.
- Regeneration der exstirpierten Flügel beim Mehlkäfer (*Tenebrio molitor*). Archiv f. Entw.-Mech. Bd. XXV. Heft 1/2. 1907.
- ZELENY, CH., The direction of differentiation in development. I. The antennule of *Mancasellus macrourus*. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. XXIII. Heft 2. S. 324—343. 1907.

VI. Erklärung der Abbildungen¹⁾.

Tafel V.

1. *Rhagium indagator*.

- Fig. 1. Unterbringungsart der im Häutungszustand sich befindenden Larven. Nach phot. Aufn. von AD. ČERNÝ. Etwas verkleinert. Die schützenden Deckrinden und die auf letzteren ruhenden Graspolster sind zur Zeit der Aufnahme weggenommen worden, um die untergebrachten Tiere sichtbar zu machen. Man sieht nebst einer Versuchslarve und Puppe ein gerade copulierendes Pärchen.
- Fig. 2. Kopf einer ausgewachsenen Larve mit dem Mandibelregenerat (rechts) nach Amputation eines kleineren distalen Abschnittes an der Larve. Zustand des Regenerats nach der zweiten Häutung (vom Operationsdatum an gerechnet). Nach der phot. Aufn. (G. LESKOVIC) etwas vergrößert gezeichnet.
- Fig. 3. Regeneration des linken Vorderbeines an der Larve nach der ersten der Operation folgenden Häutung. Mit Hilfe der phot. Aufn. (G. LESKOVIC) stark vergr. gez.
- Fig. 4. Puppe mit dem rechten Vorderbeinregenerat. Nach phot. Aufn. (G. LESKOVIC) stark vergr. gez.

¹⁾ Die von dem Autor nicht eigenhändig angefertigten Zeichnungen sind durch die Nennung ihrer Urheber an den betreffenden Stellen kenntlich gemacht.